

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
**FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO**  
PROARQ – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura

**Materiais de Construção e Acabamento para Escolas Públicas  
na Cidade do Rio de Janeiro: Uma Reflexão sob Critérios de  
Sustentabilidade**

Rosângela Fulche de Souza Paes

Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos  
Orientador

Rio de Janeiro

Março, 2008



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
**FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO**  
PROARQ – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura

**Materiais de Construção e Acabamento para Escolas Públicas  
na Cidade do Rio de Janeiro: Uma Reflexão sob Critérios de Sustentabilidade**

Rosângela Fulche de Souza Paes

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, área de concentração em Sustentabilidade, Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Orientador: Prof. Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Rio de Janeiro

Março, 2008

Paes, Rosângela Fulche de Souza.

Materiais de Construção e Acabamento para Escolas Públicas na Cidade do Rio de Janeiro: Uma Reflexão sob Critérios de Sustentabilidade / Rosângela Fulche de Souza Paes. - Rio de Janeiro: UFRJ/ FAU, 2008.

xvi, 183f.: il.; 31 cm.

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ PROARQ/ Programa de Pós-graduação em Arquitetura, 2008.

Referências Bibliográficas: f. 165-175.

1. Sustentabilidade. 2. Arquitetura Escolar. 3. Seleção de Materiais. I. Bastos, Leopoldo Eurico Gonçalves. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura. III. Título.

**Materiais de Construção e Acabamento para Escolas Públicas  
na Cidade do Rio de Janeiro: Uma Reflexão sob Critérios de Sustentabilidade**

Rosângela Fulche de Souza Paes

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, área de concentração em Sustentabilidade, Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Aprovada por:

---

Prof. Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos, D.Sc. (UFRJ) - Orientador

---

Prof<sup>a</sup>. Cláudia Barroso-Krause, D.Sc. (UFRJ)

---

Prof<sup>a</sup>. Giselle Arteiro Nielsen Azevedo, D.Sc. (UFRJ)

---

Prof. Manoel Antonio da Fonseca Costa Filho, D.Sc. (UERJ)

Rio de Janeiro

Março, 2008

*Aos meus pais Norma e Vicente,  
Amigos incondicionais e eternos,  
Com muito amor...*

## **Agradecimentos**

Ao meu orientador Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos pela confiança, incentivo, equilíbrio e valiosa orientação, sem os quais este trabalho não existiria.

À Prof<sup>ª</sup>. Cláudia Barroso-Krause que, com sua generosidade, tanto me apoiou, através de preciosos ensinamentos e sugestões no exame de qualificação, na banca final, no estágio supervisionado e durante todo o curso.

À Prof<sup>ª</sup>. Giselle Arteiro Nielsen Azevedo por toda a sua contribuição em meu exame de qualificação, na banca final, pela bibliografia disponibilizada e por ter sido a autora que mais me inspirou durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Prof. Manoel Antonio da Fonseca Costa Filho por sua grande contribuição ao participar da banca avaliadora.

À Prof<sup>ª</sup>. Mônica Santos Salgado pelos valiosos ensinamentos e pelo importante apoio durante todo o curso.

Aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado, acreditando em mim e me dando forças para continuar.

Ao Mário e aos meus filhos André e Paula, por tanto apoio, compreensão e ajuda.

À minha irmã Valéria, por todo o seu carinho e estímulo constantes.

À amiga Maria de Lourdes, que tanto me incentivou a trilhar o caminho acadêmico e sempre esteve pronta a me ajudar.

À amiga Teresa Rosolem de Vassimon e aos demais profissionais do Riourbe, Maria do Carmo Ferreira dos Santos e José Milton Almeida Couto, que me receberam com tanta gentileza, fornecendo informações preciosas que enriqueceram enormemente este trabalho.

À Dorise Ehrlich pela valiosa contribuição bibliográfica.

Ao Departamento Geral de Infra-Estrutura da Secretaria Municipal de Educação que possibilitou minha visita a algumas unidades educacionais.

Às diretoras das Escolas Municipais Dilermando Cruz, CIEP Yuri Gagarin e Tia Ciata que abriram as portas destas instituições à minha pesquisa.

A todos os professores do PROARQ que tanto contribuíram para a minha evolução.

A Maria da Guia, Rita e Dionísio pelo apoio no PROARQ, oferecendo sempre tanta atenção e ajuda.

Aos colegas de pós-graduação com quem compartilhei tantas experiências.

A todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização desta dissertação.

À Petrobras pelo importante auxílio concedido através de bolsa de estudos.

## RESUMO

### **Materiais de Construção e Acabamento para Escolas Públicas na Cidade do Rio de Janeiro: Uma Reflexão Sob Critérios de Sustentabilidade**

Rosângela Fulche de Souza Paes

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura.

A indústria da construção civil representa uma das atividades humanas de maior impacto sobre o meio ambiente, com destaque negativo para a produção de materiais. Ambientes construídos destinados a quaisquer fins devem, cada vez mais, incorporar os conceitos de sustentabilidade; sendo que na edificação escolar, esta questão deve ser ainda mais valorizada, pelo papel por ela desempenhado no processo de construção do conhecimento.

O presente trabalho tem por objetivo conhecer os principais elementos a serem considerados para a seleção dos materiais de construção e acabamento das Escolas Públicas de Ensino Fundamental de nossa cidade, enfocando principalmente a dimensão ambiental da sustentabilidade.

A partir de uma pesquisa quanto aos recursos existentes para avaliação de desempenho dos materiais e quanto à sustentabilidade na edificação escolar, chega-se ao exame de uma série de *características desejáveis* a estes materiais.

Em seguida, é feita uma investigação referente ao desempenho dos principais materiais utilizados em nossa rede pública de ensino, através de visitas, entrevistas, pesquisa bibliográfica, observação e análise. Alguns destes materiais são então examinados mais detidamente através do cruzamento entre as informações obtidas e as características desejáveis adotadas como parâmetros.

Finalizando, são expostas as conclusões gerais do trabalho, destacando a importância da escolha consciente, satisfazendo o maior número de condições possível e, principalmente, sabendo priorizar as características que sejam fundamentais a cada projeto. Além de que, apresenta recomendações geradas em auxílio à tomada de decisões, considerando as especificidades do grupo de escolas em questão, e também as limitações pertinentes à nossa realidade local e atual.

Palavras-chave: 1. Sustentabilidade 2. Arquitetura Escolar 3. Seleção de Materiais

Rio de Janeiro  
Março, 2008

## ABSTRACT

### **Building Materials For Rio de Janeiro Public Schools: A Reflection Under Criterions on Sustainability**

Rosângela Fulche de Souza Paes

Supervisor: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Abstract of the M.Sc Dissertation submitted to the Programa de Pós-Graduação Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, as part of the fulfilments required to the grade of Master Science in Architecture.

Considering the human activities, the building sector is one of leaders generating negative environmental impacts, being the materials production the most important impact production industrial phase. Nowadays, does it matter the building the sustainable approach must be applied. The school building requires in this way, more attention face to the requirements for reduce environment impacts, promote indoor quality, and to be in accordance with the teaching activities.

The aim of the this work is to present and discuss about the leading elements to be considered for selecting building materials to be used at the Public Elementary Schools in Rio de Janeiro city, and focusing the sustainable energy-environment dimensions.

A research was performed for the building materials taking in account the existing resources and its relationships with the required environmental and energy performances and related with the architectural practice encountered in some visited schools buildings in Rio.

The materials life cycle analysis for the used materials in this building segment was investigated through a series of visits, interviews with architects charged to design public schools, and bibliography research. Some materials were considered in more deep through the cross from the required conditions and data collected.

As conclusion is detached the importance of the conscious choice to satisfy the greater number of the possible conditions and, primarily, the required characteristics from each design. Also is presented a series of recommendations for the designer, helping him to choose the building materials, considering the type of school in target and the boundary conditions related with the site and the Brazilian socio-cultural and economic aspects.

Key-words: 1. Sustainable Building 2. School Architecture 3. Building Materials Selection

Rio de Janeiro  
March, 2008

## Sumário

<b>Lista de Quadros</b> .....	xiv
<b>Lista de Figuras</b> .....	xv
<b>Introdução</b> .....	1
<b>Cap.1. O Desenvolvimento Sustentável e os Materiais de Construção e Acabamento</b> ....	4
1.1. Desenvolvimento Sustentável .....	4
1.2. Produção Sustentável .....	6
1.3. Sustentabilidade na Construção Civil .....	8
1.4. A importância da Seleção dos Materiais para a Sustentabilidade da Edificação .....	10
1.5. Avaliação do Ciclo de Vida – A Ferramenta .....	11
1.5.1. Definição de Objetivo e Escopo .....	13
1.5.2. Análise de Inventário .....	14
1.5.3. Avaliação de Impactos .....	14
1.5.4. Interpretação dos Resultados .....	15
1.6. Rotulagem Ambiental .....	15
1.7. Programas Computacionais .....	19
1.8. Conclusões Acerca do Uso da Ferramenta ACV Nesta Pesquisa .....	20
<b>Cap.2. Sustentabilidade na Arquitetura Escolar</b> .....	22
2.1. O Espaço de Aprendizado .....	24
2.2. Processo de Projeto da Edificação Escolar .....	26
2.3. Projeto Integrado .....	27
2.4. Metas de Desempenho .....	27
2.5. Recomendações .....	28
2.5.1. Parâmetros Contextuais-ambientais .....	28
2.5.2. Qualidade Ambiental .....	31
2.5.2.1. Conforto Térmico .....	32
2.5.2.2. Conforto Visual .....	34
2.5.2.3. Conforto Acústico .....	36
2.5.2.4. Qualidade do Ar .....	42

2.5.3.	Parâmetros Programático-funcionais e Estético-compositivos .....	47
2.5.3.1.	Organização Espacial .....	48
2.5.3.2.	Áreas Externas .....	49
2.5.3.3.	Acessos e Percursos .....	50
2.5.4.	Parâmetros Técnico-construtivos .....	51
2.5.4.1.	Uso Eficiente de Recursos .....	51
2.5.4.2.	Materiais de Construção e Acabamento .....	53

**Cap.3. A Problemática da Seleção dos Materiais de Construção e Acabamento para as Escolas .....** 56

3.1.	Desempenho Térmico .....	57
3.2.	Desempenho Visual .....	60
3.3.	Desempenho Acústico .....	61
3.4.	Promoção da Qualidade do Ar .....	66
3.5.	Durabilidade .....	68
3.6.	Otimização do Consumo de Recursos Naturais .....	73
3.7.	Reutilização .....	76
3.7.1.	Dos Materiais .....	76
3.7.2.	Da Edificação .....	77
3.8.	Reciclagem .....	78
3.9.	Conteúdo Energético .....	83
3.10.	Proteção ao Meio Ambiente .....	87
3.10.1.	Extração e produção .....	88
3.10.2.	Construção .....	91
3.10.3.	Descarte .....	91
3.10.3.1.	Resíduos de Construção e Demolição .....	91
3.10.3.2.	Embalagens .....	93
3.11.	Disponibilidade de Recursos .....	93
3.12.	Regionalidade .....	94
3.13.	Responsabilidade Social dos Fabricantes .....	95

<b>Cap. 4. Os Materiais Utilizados nas Escolas Públicas de Ensino Fundamental da Cidade do Rio de Janeiro</b>	98
4.1. Algumas Palavras Sobre as Escolas Públicas Cariocas	98
4.2. Visitas	100
4.2.1. Escola Municipal Dilermando Cruz	101
4.2.2. CIEP Yuri Gagarin	107
4.2.3. Escola Municipal Tia Ciata	111
4.3. Entrevistas	119
4.3.1. Perguntas	120
4.3.2. Informações Obtidas nas Entrevistas	122
4.3.2.1. O Projeto Escola Padrão	122
4.3.2.2. Reformas e Ampliações	123
4.3.2.3. Substituição de Prédios	123
4.3.2.4. O Programa Conservando Escolas	123
4.3.2.5. Gestão de Qualidade e Gestão Ambiental	124
4.3.2.6. Comentários dos Profissionais Entrevistados Sobre Alguns Materiais ...	125
4.4. As Escolas Provisórias	128
4.4.1. “Escolas do Lelé”	128
4.4.2. “Escolas FOM”	130
<b>Cap. 5. O Exame de Alguns Materiais de Acabamento</b>	131
5.1. Os Cuidados na Seleção dos Acabamentos	131
5.2. Revestimentos Cerâmicos para Pisos e Paredes	134
5.3. Piso Monolítico de Alta Resistência	136
5.4. Pisos Flexíveis	139
5.5. Forro de Gesso	145
5.6. Tintas	148
5.7. Madeira	151
<b>Capítulo 6. Considerações Finais</b>	152
6.1. Recomendações	152
6.2. Importância da Valorização do Projeto de Arquitetura	161
6.3. Continuidade da Pesquisa	163

<b>Bibliografia</b> .....	165
<b>Anexo 1 - Fontes Típicas de Poluição do Ar em Ambientes Internos</b> .....	176
<b>Anexo 2 - Conteúdo Energético de Alguns Materiais Utilizados na Construção Civil</b>	179
<b>Anexo 3 - Estimativa de Vida das Reservas de Alguns Minerais</b> .....	181
<b>Anexo 4 - Indicadores Ethos de Responsabilidade Social Empresarial 2007</b> .....	182

## **Lista de Quadros**

Quadro 01: Considerações sobre Sítio e Implantação – Benefícios .....	29
Quadro 02: Estrutura da Oferta de Energia Elétrica Segundo a Fonte de Geração .....	52.
Quadro 03: Recomendações Quanto a Algumas Questões Técnicas .....	52
Quadro 04: Diferentes Fases de um Empreendimento e a Ocorrência de Perdas de Materiais	74
Quadro 05: Oferta Interna de Energia – Estrutura de Participação das Fontes .....	86
Quadro 06: Seleção e Destinação dos Resíduos de Construção e Demolição .....	92
Quadro 07: E.M. Dilermando Cruz – Quadro Simplificado de Materiais .....	103
Quadro 08: CIEP Yuri Gagarin – Quadro Simplificado de Materiais .....	108
Quadro 09: E.M. Tia Ciata – Quadro Simplificado de Materiais .....	113
Quadro 10: Estruturas da Rede Municipal Pública de Ensino .....	125
Quadro 11: Vedações da Rede Municipal Pública de Ensino .....	125
Quadro 12: Esquadrias da Rede Municipal Pública de Ensino .....	126
Quadro 13: Coberturas da Rede Municipal Pública de Ensino .....	126
Quadro 14: Acabamentos de Piso da Rede Municipal Pública de Ensino .....	127
Quadro 15: Acabamentos de Parede e Teto da Rede Municipal Pública de Ensino .....	127

## Lista de Figuras

Figura 01: Estratégias de Controle da Entrada da radiação Solar .....	35
Figura 02: Prateleira de Luz .....	35
Figura 03: Escolas das Redes Pública e Privada na Cidade do Rio de Janeiro .....	38
Figura 04: A Acústica nas Circulações .....	40
Figura 05: Influência de Detalhes de Projeto na Durabilidade .....	70
Figura 06: Bacia de Lama Vermelha .....	89
Escola Municipal Dilermando Cruz	
Figura 07: Planta de Localização .....	101
Figura 08: Planta de Situação Esquemática .....	102
Figura 09: Acesso Principal .....	102
Figura 10: Blocos Construídos Posteriormente .....	103
Figura 11: Interior do Prédio Principal .....	104
Figura 12: Detalhes do Anexo I .....	105
Figura 13: Detalhes do Anexo II .....	105
Figura 14: Problemas de Execução no Vestiário do Anexo II .....	106
CIEP Yuri Gagarin	
Figura 15: Planta de Localização .....	107
Figura 16: Planta de Situação Esquemática .....	107
Figura 17: Fachada Posterior .....	108
Figura 18: Interior do Prédio Principal .....	109
Figura 19: Anexos no Térreo .....	110
E.M. Tia Ciata	
Figura 20: Planta de Localização .....	111

Figura 21: Planta de Situação Esquemática .....	112
Figura 22: Fachada Principal .....	112
Figura 23: Circulações .....	114
Figura 24: Boxes Sanitários .....	115
Figura 25: Vistas do Interior do Prédio .....	115
Figura 26: Sala de Aula .....	116
Figura 27: Janela da Administração .....	116
Figura 28: Circulações Verticais .....	117
Figura 29: Fachada Lateral .....	117
Figura 30: Fachada Lateral da E. M. Rachel de Queiroz .....	118
Figura 31: Pavimentação da Rampa .....	118
Figura 32: Setor Administrativo .....	118
Figura 33: Telhas de Fibras Vegetais em Cobertura de Escola Tipo “Lelé” .....	129

## **Introdução**

A preocupação com os impactos negativos causados ao meio ambiente, em nome do desenvolvimento de nossa sociedade, vem intensificando-se nas últimas décadas. É bem verdade que esta conscientização tem sido alavancada por momentos de crise, como aqueles referentes ao petróleo nos anos 70. Ainda assim, é fato, que cada vez mais pesquisas são desenvolvidas na área de preservação ambiental e um número crescente de medidas é tomado na tentativa de evitar, ou ao menos reduzir, boa parte destes impactos. Com o amadurecimento destas idéias, não se tardou a perceber que para que haja desenvolvimento realmente saudável - isto é, sustentável - deve-se ampliar o leque de enfoques, considerando não apenas os aspectos ambientais, mas também os econômicos e os sócio-culturais.

Nesse contexto, a indústria da construção civil se destaca por representar uma das atividades humanas de maior impacto sobre o meio ambiente, sendo a produção de materiais a fase de maior contribuição. Por outro lado, a magnitude de seus impactos sócio-culturais e econômicos tornam-na essencial ao aumento da qualidade de vida; principalmente em países em desenvolvimento como o nosso, onde existe carência de ambiente construído em todos os setores imagináveis.

Sendo assim, há de se entender que não há como alcançar o desenvolvimento sustentável sem que haja a construção sustentável. A edificação deve incorporar parâmetros, valores e diretrizes de sustentabilidade desde a etapa de concepção, passando por execução e operação, até a sua demolição. Esta preocupação se traduz, principalmente, na busca por uso consciente de recursos, minimização de emissões poluentes, promoção de saúde e conforto aos usuários, relação harmoniosa com o entorno, redução de custos e elevação do padrão sócio-cultural da comunidade.

Ambientes construídos destinados a quaisquer fins devem, cada vez mais, incorporar esses conceitos. No entanto, se existe um tipo de edificação onde as questões de sustentabilidade devem ser ainda mais valorizadas, esta é, sem dúvida alguma, a edificação escolar. O papel desempenhado pelo ambiente educacional, no processo de construção do conhecimento, torna esta edificação profundamente comprometida com os valores a serem

transmitidos aos cidadãos em formação que ali se encontram. Não se pode perder a preciosa oportunidade de fazer das escolas, por si mesmas, ferramentas de ensino.

O foco desta dissertação nas escolas públicas de ensino fundamental de nossa cidade, se deve à enorme representatividade de tais instituições, causada pelo elevado número de alunos por elas atendidos.

Conhecendo a importância da inserção dos conceitos de sustentabilidade neste contexto, a presente pesquisa dedica-se a relevante questão para o alcance de tal meta: a escolha consciente dos materiais de construção e acabamento.

A pergunta é: *O que considerar para especificar materiais, ao projetar Escolas Públicas de Ensino Fundamental para a Cidade do Rio de Janeiro, sob o ponto de vista da sustentabilidade?*

Visando mais especificamente à dimensão ambiental da sustentabilidade, procura-se identificar os principais elementos a serem analisados no momento da escolha dos materiais para as citadas edificações escolares. Tais elementos são identificados como *características desejáveis* e considera-se que o seu acúmulo tornará o material preferencial a outro.

Cabe sempre destacar que o arquiteto deve buscar opções de materiais que minimizem os impactos negativos e maximizem os positivos, causados tanto aos usuários quanto ao meio ambiente e à sociedade. Esta não é uma tarefa fácil e, certamente, não serão encontrados materiais que atendam a todos os requisitos. O importante é a escolha consciente, satisfazendo o maior número de condições possível e, principalmente, *sabendo priorizar as características que sejam fundamentais a cada projeto.*

O primeiro capítulo trata do desenvolvimento sustentável, da sua relação com a construção civil e da importância da especificação dos materiais de construção e acabamento neste contexto. Além disso, destaca a necessidade de avaliação de desempenho dos materiais e examina alguns recursos disponíveis para tal fim. Dá destaque ao instrumento de gestão ambiental denominado Avaliação do Ciclo de Vida, por se tratar da ferramenta existente mais adequada à compreensão ambiental de produtos; chegando à conclusão, no entanto, de que a sua utilização não se alinharia aos objetivos deste trabalho.

O segundo capítulo se dedica à aplicação dos conceitos de sustentabilidade à edificação escolar; onde estas questões devem ser ainda mais valorizadas, devido ao papel que a instituição e sua edificação desempenham no processo de construção do conhecimento. O trabalho se desenvolve em torno de algumas metas de desempenho consideradas essenciais, e de recomendações, visando ao alcance destas metas. Dentre as recomendações estão aquelas referentes à seleção dos materiais de construção e acabamento, destacando-se uma série de características desejáveis a estes materiais.

O terceiro capítulo toma como base a lista de características desejáveis aos materiais, proveniente de pesquisa bibliográfica, e a transpõe para nossa realidade. Obtém-se assim um grupo de tópicos, que passam, então, a ser examinados através de pesquisa bibliográfica, observação e análise. Nesse momento, o enfoque nas escolas públicas de ensino fundamental da cidade do Rio de Janeiro já é pretendido, mas buscando apreender a amplitude de cada uma das questões abordadas, acabou-se, muitas vezes, por examiná-las de forma mais abrangente.

O quarto capítulo trata especificamente das escolas públicas de ensino fundamental da cidade do Rio de Janeiro, fazendo uma investigação quanto aos seus materiais mais representativos e quanto às vantagens e desvantagens por eles apresentadas. O trabalho se desenvolve a partir de visitas a algumas unidades educacionais e entrevistas com profissionais envolvidos com os serviços de projeto, construção e manutenção da rede.

No quinto capítulo são examinados alguns materiais de acabamento (revestimentos de pisos, paredes e tetos) frequentemente utilizados no grupo de escolas estudado, tendo como parâmetros as características desejáveis apontadas no terceiro capítulo. O cruzamento é feito baseado nas informações colhidas nas visitas e entrevistas, pesquisa bibliográfica, observação e análise.

Em seguida, o sexto capítulo apresenta as considerações finais do trabalho, através de recomendações geradas em auxílio à tomada de decisões relativas à seleção de materiais de construção e acabamento para as Escolas Públicas de Ensino Fundamental na Cidade do Rio de Janeiro, considerando as especificidades do grupo de escolas em questão, e também as limitações pertinentes à nossa realidade local e atual. Além do que, faz algumas sugestões para continuidade da pesquisa.

## **CAPÍTULO 1 – O Desenvolvimento Sustentável e os Materiais de Construção e Acabamento**

### **1.1. Desenvolvimento Sustentável**

Na sociedade industrial, o crescimento econômico esteve sempre acompanhado por um crescimento equivalente no consumo de recursos materiais, em particular dos insumos energéticos. A implantação de técnicas de produção e um modelo de consumo exacerbado, trouxeram ao mundo um cenário de grande impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente (MAGRINI, 2001 apud ZAMBRANO, 2004).

Os resultados desta produção descontrolada podem ser observados com o atual estado de escassez de recursos e de degradação ambiental pelo mundo afora. Além disso, e apesar dos grandes avanços obtidos por este modelo de desenvolvimento, é flagrante o desequilíbrio econômico e social instalado.

As questões ambientais começaram a ser discutidas no início da década de 70, a partir da crise do petróleo e de uma série de publicações que destacavam a excessiva exploração do meio ambiente pelo homem em nome do desenvolvimento econômico, gerando assim o crescimento da preocupação mundial quanto aos resultados deste desenvolvimento e quanto às limitações ambientais. Na Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1972, ressaltou-se que estas questões deveriam ser, cada vez mais, objeto de políticas sócio-econômicas.

A partir da década de 80, metas ambientais passaram a ser definidas em convenções globais como as de Montreal (1987), do Rio de Janeiro (1992), de Quioto (1997) e de Joanesburgo (2002). Em 1987, o trabalho realizado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED<sup>1</sup>), resultou na publicação do relatório “Nosso Futuro Comum<sup>2</sup>”, onde foi cunhada uma definição de desenvolvimento sustentável que se tornaria clássica, e que também se pode apresentar da seguinte forma:

---

<sup>1</sup> *World Commission on Environment and Development.*

<sup>2</sup> Também conhecido como Relatório *Brundtland*, em menção a Gro Harlem Brundtland, coordenadora dos trabalhos e então Primeira-Ministra da Noruega.

Desenvolvimento sustentável não é um estado fixo de harmonia, mas antes um *processo de mudança*, através do qual a exploração de recursos, o direcionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais, se vão tornando consistentes com as necessidades das gerações atuais e futuras (FRAZÃO, 2007)<sup>3</sup>.

Basicamente pode-se considerar que o desenvolvimento sustentável se apóia em três dimensões, conhecidas como “tripé da sustentabilidade”:

**Dimensão Energético-ambiental** – representa a proteção do ambiente físico e seus recursos, através da gestão adequada dos recursos renováveis e não-renováveis e do controle de danos tais como degradação, emissões tóxicas, resíduos, etc.

**Dimensão Sócio-cultural** – considera o estabelecimento de sociedades justas, que proporcionem a todos a oportunidade do desenvolvimento e condições adequadas de sobrevivência, tendo como meta a qualidade de vida (conforto, saúde, educação, lazer, condições de trabalho, etc). A diversidade também deve ser valorizada, isto envolve respeito aos códigos sociais e valores culturais de cada local.

**Dimensão Econômica** – representa a gestão consciente dos recursos de forma que, fugindo à economia tradicional, não se vise apenas aos lucros financeiros mas também aos lucros sociais e ambientais que se pode obter. Envolve, com isso, a avaliação dos custos diretos e indiretos de cada escolha.

A meta do desenvolvimento sustentável, até então implícita em muitas políticas nacionais, ganhou comprometimento e reconhecimento global vinte anos depois da reunião em Estocolmo, com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNCED<sup>4</sup>) realizada no Rio de Janeiro, em 1992. Nesta ocasião, foi consenso que as estratégias de desenvolvimento sustentável deveriam integrar aspectos ambientais em planos e políticas de desenvolvimento. Foi então publicada a Agenda 21 (UNITED NATIONS, 1992), um plano ambicioso de ação global para o século seguinte, que estabelecia uma visão de longo prazo para equilibrar necessidades econômicas e sociais

---

<sup>3</sup> Palestra de Rui Frazão representando o INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação / CENDES – Centro para o Desenvolvimento Empresarial Sustentável, na Conferência Nacional sobre Auditoria Interna e Sustentabilidade realizada em nov. 2007, Lisboa – Portugal. [http://www.ipai.pt/files/Conferencia\\_IPAI\\_2007\\_Rui\\_Frazae.pdf](http://www.ipai.pt/files/Conferencia_IPAI_2007_Rui_Frazae.pdf)

<sup>4</sup> *United Nations Conference on Environment and Development*. Também comumente referida como *Earth Summit* e *ECO'92*.

com os recursos naturais do planeta. Na própria UNCED, a Agenda 21 foi adotada por 178 governos, dentre eles, o do Brasil (SILVA, 2003).

A Agenda 21 representa um programa de ações baseado em um processo de planejamento participativo, que analisa a situação atual de um país, estado, cidade e/ou região, e planeja o futuro de forma sustentável. Este processo de planejamento deve envolver todos os atores sociais na discussão dos principais problemas e na formação de parcerias e compromissos para a solução a curto, médio e longo prazos.

## **1.2. Produção Sustentável**

Para a realização efetiva de uma produção sustentável, o importante é que a atividade de produção ligue o tecnicamente possível com o ecologicamente necessário, fazendo nascer propostas que sejam social e culturalmente apreciáveis. Manzini e Vezzoli (2002, p. 20) apresentam, resumidamente, quatro níveis fundamentais de interferência:

- **O *Redesign* ambiental do existente**

Considerando o ciclo de vida de um produto em análise, trata-se de melhorar a sua eficiência global em termos de consumo de matéria e de energia, além de facilitar a reciclagem de seus materiais e a reutilização dos seus componentes.

Este primeiro nível de interferência comporta, portanto, escolhas de caráter prevalentemente técnico e não requer mudanças reais nos estilos de vida e de consumo.

Neste caso, a referência ao comportamento social e ao mercado diante da questão ecológica se faz presente na sensibilização do usuário quanto à escolha, numa oferta de produtos em tudo análogos entre si, de produtos mais ecológicos.

- **O Projeto de novos produtos ou serviços que substituam os atuais**

Considerando como certa a necessidade de uma boa prestação de serviço, e de uso dos produtos, trata-se de individualizar aqueles que oferecem os serviços ecologicamente mais favoráveis em relação aos demais.

Portanto, este segundo nível de intervenção requer que as novas propostas sejam reconhecidas como válidas e socialmente aceitas.

Atuando neste nível, a inovação técnico-produtiva, pode ser mais facilmente direcionada à busca de uma qualidade ambiental, do que através do *redesign* dos produtos existentes. No entanto, devemos considerar a dificuldade em inserir produtos e serviços ecologicamente aceitáveis no âmbito de um quadro cultural e comportamental que continua dominado por expectativas e valores distintos.

- **O Projeto de novos produtos-serviços intrinsecamente sustentáveis**

Considerando a demanda – de produtos e de prestação de serviços – como potencialmente variável, trata-se então de ser oferecida uma nova maneira (mais sustentável), que busque a obtenção de resultados socialmente apreciados e, ao mesmo tempo, radicalmente favoráveis ao meio ambiente.

Este terceiro nível de interferência requer, portanto, que o novo *mix* de produtos e serviços proposto (novo produto-serviço) seja socialmente apreciável de modo a superar a inércia cultural e comportamental dos usuários.

- **A proposta de novos cenários que correspondam ao estilo de vida sustentável**

Trata-se de desenvolver atividades no plano cultural que tendam a promover novos critérios de qualidade e, em perspectiva, modificar a própria estrutura da busca de resultados.

Este quarto nível de interferência só pode emergir de dinâmicas complexas de inovações sócio-culturais, nas quais os projetistas possam ter um papel (importante, porém limitado) de busca, interpretação, reproposição e estímulo de idéias socialmente produtivas.

Neste caso, não se trata somente de aplicar novas possibilidades tecnológicas ou produtivas específicas, mas de promover novos critérios de qualidade que sejam ao mesmo tempo sustentáveis para o ambiente, socialmente aceitáveis e culturalmente atraentes.

Os autores citados comentam que, até o momento, em seu âmbito de ação (o *design* industrial), o tema ambiental tem sido praticado principalmente nos primeiros dois níveis de interferência apontados. Em relação aos produtos destinados à construção civil, considerando as possibilidades oferecidas pelo mercado, principalmente o nacional, pode-

se dizer que o comentário também é válido. Vale observar que atualmente, caso tivéssemos, ao menos, a possibilidade constante de utilizar em nossas edificações produtos menos impactantes ambientalmente, este já seria um grande avanço. Manzini e Vezzoli (2002) também destacam que interferências deste tipo foram, e ainda são, úteis e necessárias para a questão ecológica, porém acrescentam que

...hoje sabemos que o seu papel isolado não é suficiente, pois, para atingir a sustentabilidade ambiental, não é suficiente melhorar o que antes já exista, mas sim pensar em produtos, serviços e comportamentos diversos dos conhecidos até hoje. Ou seja, é necessário operar também em níveis mais altos, com outros aspectos a serem considerados (MANZINI e VEZZOLI, 2002, p.22).

Esta visão é estendida por John<sup>5</sup> à dimensão social da sustentabilidade, quando afirma que não há como promover a justiça social através da utilização da tecnologia construtiva atualmente utilizada no Brasil; o professor alega que *necessitamos de inovação tecnológica radical e de educação*. Segundo ele, grande parte de nossos projetistas pouco conhece a questão social e não a valoriza.

### **1.3. Sustentabilidade na Construção Civil**

Em busca do desenvolvimento sustentável, a ação sobre o setor da construção civil é primordial, visto que esta representa a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente. Como bem descreve Silva (2003), edificações e outras obras civis alteram a natureza, a função e a aparência das áreas urbanas e rurais. Atividades de construção, uso, reparo, manutenção e demolição consomem recursos e geram resíduos em proporções que em muito superam a maioria das outras atividades econômicas.

Por outro lado, os profundos impactos econômicos e sociais do setor, tornam-no um contribuinte essencial para aumento da qualidade de vida. Inicialmente, porque a construção provê meios para o atendimento às necessidades humanas básicas e maximização do capital social. Em segundo lugar, pela expressiva geração de empregos e participação na economia. No Brasil, as atividades de construção e demolição

---

<sup>5</sup> Professor Vanderley John da Escola Politécnica de Engenharia da USP, em palestra no I Seminário em Construção Civil e Sustentabilidade realizada no Rio de Janeiro em 28 de novembro de 2007.

correspondem a uma parcela de cerca de 15% do PIB<sup>6</sup> e empregam milhões de trabalhadores. O setor possui impacto ambiental e social compatíveis com seu tamanho. Números igualmente expressivos em outros países posicionam, em caráter mundial, a construção civil como um setor estratégico de intervenção na busca pelo desenvolvimento sustentável. Esta preocupação se traduz, principalmente, no esforço pelo uso consciente de recursos, minimização de emissões poluentes, promoção de saúde e conforto aos usuários, redução de custos e implemento à elevação do padrão sócio-cultural (SILVA, 2003).

Sendo assim, há de se entender que não há como alcançar o desenvolvimento sustentável sem que haja a construção sustentável. A edificação deve incorporar parâmetros, valores e diretrizes de sustentabilidade desde a etapa de concepção, passando por execução e operação, até a sua demolição.

A incorporação desses conceitos ao setor da construção civil ocorre, naturalmente, de formas diferentes em países com condições econômicas distintas.

No contexto de países em desenvolvimento, onde os recursos financeiros são escassos e há demanda por um volume excepcional de construção para combater a pobreza e garantir níveis mínimos aceitáveis de qualidade de vida a grandes proporções da população, é difícil posicionar proteção ambiental como prioridade e a viabilidade econômica assume importância vital (SILVA, 2003, p.5).

No entanto, a mesma autora destaca que construir de forma sustentável não implica em priorizar uma dimensão em detrimento das demais, nem demanda uma solução perfeita, e sim a busca do equilíbrio. Além disso, “...propor soluções que apresentem uma alta qualidade ambiental não pode prescindir do quanto, e como, elas sejam social e culturalmente aceitáveis.” (Manzini e Vezzoli, 2002, p.20).

A partir da publicação da Agenda 21, os diversos setores da sociedade iniciaram um processo de interpretação deste documento em função de seus contextos específicos. No setor da construção civil, as interpretações mais relevantes são: a *Agenda Habitat II*, assinada na Conferência das Nações Unidas realizada em Istambul, em 1996; a *CIB*<sup>7</sup> *Agenda 21 on Sustainable Construction* (CIB, 1999); e a *CIB/UNEP*<sup>8</sup> *Agenda 21 for*

---

<sup>6</sup> Segundo o CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, no endereço <http://www.cbcs.org.br>

<sup>7</sup> International Council for Research and Innovation in Building and Construction.

<sup>8</sup> United Nations Environment Programme.

*Sustainable Construction in Developing Countries*, de 2002 (SILVA, 2003). Elas procuram definir quais as questões relevantes e que mudanças e estratégias podem ser adotadas para o desenvolvimento sustentável do setor. Entre as que dizem respeito à produção de materiais de construção estão: redução do consumo de energia no processo de produção; eliminação ou redução de emissões atmosféricas; redução do consumo de recursos naturais e de geração de resíduos; geração de empregos; possibilidades de aperfeiçoamento dos trabalhadores; qualidade do ambiente de trabalho; e promoção da economia local (GRIGOLETTI e SATTLER, 2003).

#### **1.4. A Importância da Seleção dos Materiais para a Sustentabilidade da Edificação**

No contexto apresentado, onde a construção civil demonstra ser atividade humana altamente impactante para o meio ambiente, a produção de materiais representa a fase de maior contribuição. A extração e o beneficiamento de minerais provoca a degradação de imensas áreas, incluindo, muitas vezes, rejeitos que são lançados ao solo ou corpos d'água. A emissão de poluentes atmosféricos está relacionada principalmente ao transporte, ao uso de energéticos e à produção. Todo este processo consome imensa quantidade de energia e recursos naturais, sendo que vários minerais e a própria água caminham para o esgotamento. Sendo assim, deve-se dar preferência aos materiais produzidos responsabilmente – extraídos, cultivados ou manufaturados de forma ambientalmente amigável.

A seleção também deve considerar o desempenho dos materiais na fase de execução da edificação, atentando para aspectos como: consumo de energia e água, controle de erosão, geração de odores, ruídos, excesso de perdas (resíduos ou perdas incorporadas), emissões, dejetos; quantidade de embalagens, etc.

Durante a fase de utilização, decorre desta escolha, em grande parte, não somente a durabilidade da construção e a adequação desta aos objetivos propostos quanto a funcionalidade e estética; como também a obtenção de conforto e a manutenção da saúde de seus usuários.

Resta ainda a preocupação com o momento de reforma ou demolição da construção. É grande o volume de resíduos gerado nestas ocasiões, podendo causar degradação do meio

ambiente e afetar a saúde pública. É preferencial a utilização de materiais reutilizados, reutilizáveis, que possuam conteúdo reciclado ou sejam recicláveis.

A necessidade de melhor entender e avaliar o desempenho dos produtos, destinados não apenas à construção, mas a todos os seguimentos do mercado, gerou o desenvolvimento de uma série de procedimentos de avaliação dos impactos ambientais de produtos industrializados ou serviços. A metodologia aceita internacionalmente para esta finalidade é a Avaliação do Ciclo de Vida, ACV (*Life Cycle Analysis, LCA*) que leva em consideração todas as fases da vida do produto estudado, desde a aquisição da matéria-prima até o descarte final. Esta ferramenta será estudada mais detidamente a seguir.

### **1.5. Avaliação do Ciclo de Vida – A Ferramenta**

A ACV é uma ferramenta de gestão ambiental que visa, principalmente, à identificação de oportunidades de melhoria dos aspectos ambientais dos produtos, à tomada de decisão quando da comparação entre elementos de utilizações similares e ao auxílio na seleção de indicadores pertinentes de desempenho ambiental.

Os primeiros estudos envolvendo, ainda de uma forma embrionária, o que hoje chamamos de Avaliação do Ciclo de Vida de produtos, tiveram início durante a primeira crise do petróleo. Nessa época vários estudos foram realizados buscando avaliar os processos produtivos e racionalizar o consumo de fontes energéticas esgotáveis. Apesar do principal enfoque ter sido a questão energética, alguns deles chegaram a considerar, ainda que de forma tímida, vários aspectos ligados à questão ambiental, incluindo estimativas de emissões sólidas, gasosas ou líquidas (CHEHEBE, 1997).

Segundo o autor citado, entre 1975 e o início da década de 80, o interesse nesses estudos decresceu. No entanto, em 1985 a Comunidade Econômica Européia criou uma diretiva específica para embalagens na área de alimentos (*Liquid Food Container Directive*), obrigando as empresas a monitorar o consumo de matérias-primas e energia e a geração de resíduos sólidos na fabricação de seus produtos. A partir dessa diretiva, um grande número de consultores e institutos de pesquisa americanos e europeus voltou a

estudar a metodologia REPA<sup>9</sup>, agregando novos critérios que incorporavam conceitos ligados ao gerenciamento de resíduos e permitiam uma melhor análise dos impactos ambientais.

A proliferação de estudos sobre o ciclo de vida dos produtos sem uma metodologia padronizada levou a certos exageros que quase chegaram a comprometer a imagem desta ferramenta de avaliação. Chehebe (1997) comenta que essa época é referenciada por alguns autores como “a fase de guerra das ACV’s”.

A primeira entidade que, de forma sistematizada, se preocupou com a padronização dos termos e critérios da ACV foi a SETAC - *Society for Environmental Toxicology and Chemistry* (1991) sendo o trabalho posteriormente consolidado pelas normas ISO 14040 (1997) a 14043 (2000)<sup>10</sup>. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas publicou as seguintes normas equivalentes:

- NBR ISO 14040 – Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura, 2001.
- NBR ISO 14041 – Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida - Definição de objetivo e escopo e análise de inventário, 2004.
- NBR ISO 14042 - Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida - Avaliação do impacto do ciclo de vida, 2004.
- NBR ISO 14043 - Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Interpretação do ciclo de vida, 2005.

A Avaliação do Ciclo de Vida estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais, considerando entradas e saídas, ao longo da vida de um produto<sup>11</sup>, desde a aquisição da matéria prima, passando por produção, uso e disposição. Este procedimento caracteriza o que se tornou conhecido como enfoque do “berço ao túmulo”. As categorias gerais de impactos ambientais que necessitam ser consideradas incluem o uso de recursos, a saúde humana e as conseqüências ecológicas.

---

<sup>9</sup> Ficou conhecido como REPA (*Resource and Environmental Profile Analysis*) o processo de quantificação da utilização dos recursos naturais e dos índices de emissão, utilizados pela Coca-Cola em estudo por ela custeado e realizado em 1965 pelo MRI (*Midwest Research Institute*). O objetivo deste estudo era a comparação de diferentes tipos de embalagens para refrigerantes e a determinação de qual delas apresentava índices mais adequados de emissão para o meio ambiente e melhor desempenho com relação à preservação de recursos naturais. Este modelo foi aprimorado em 1974 pelo MRI, durante a realização de um estudo para a EPA (*Environmental Protection Agency*) e é muitas vezes referenciado como um marco para o surgimento do que hoje conceituamos como ACV. Posteriormente, na Europa, foi desenvolvido um procedimento similar chamado *Ecobalance* (CHEHEBE, 1997).

<sup>10</sup> Recentemente, foi publicada uma nova versão para a série: ISO 14040:2006 – *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*, e ISO 14044:2006 – *Environmental Management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines* (cancelando as normas ISO 14041, ISO 14042 e ISO 14043). Essas normas estão em processo de tradução para o português pelo Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/CB-38). O presente trabalho se baseia nas normas nacionais em vigor.

<sup>11</sup> O termo “produto” usado isoladamente não inclui somente sistemas de produto, mas pode também incluir sistemas de serviço (NBR ISO 14040, 2001, p. 1).

Conforme relaciona a NBR ISO 14040 (2001), a ACV pode ajudar:

- na identificação de oportunidades para melhorar os aspectos ambientais dos produtos em vários pontos de seu ciclo de vida;
- na tomada de decisões na indústria, organizações governamentais ou não-governamentais (por exemplo, planejamento estratégico, definição de prioridades, projeto ou reprojeto de produtos ou processos);
- na seleção de indicadores pertinentes de desempenho ambiental, incluindo técnicas de medição; e
- no *marketing* (por exemplo, uma declaração ambiental, um programa de rotulagem ecológica ou uma declaração ambiental de produto).

A ACV é, na realidade, uma ferramenta técnica que pode ser utilizada com uma grande variedade de propósitos. No setor da construção civil, as informações coletadas e os resultados de suas análises e interpretações podem ser úteis tanto a quem está relacionado de alguma forma com a produção dos materiais quanto aos projetistas da edificação, auxiliando no processo de decisão relativo à especificação de materiais.

No entanto, a NBR ISO 14040 (2001) alerta que, em geral, é conveniente usar a informação desenvolvida em um estudo de ACV como parte de um processo de decisão muito mais abrangente, ou usá-la para compreender as soluções de compromissos amplas ou gerais. *Comparar resultados de diferentes estudos de ACV só é possível se as suposições e o contexto de cada estudo forem os mesmos.* É conveniente que estas suposições sejam explicitamente declaradas, por razões de transparência.

A estrutura proposta pela metodologia, conforme explicitado pelas NBR ISO 14040 (2001) a 14043(2005). inclui:

### **1.5.1. Definição de Objetivo e Escopo**

O objetivo de um estudo da ACV deve declarar inequivocamente a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e o público-alvo, isto é, para quem se pretende comunicar os resultados do estudo. O propósito, o objetivo e a utilização pretendida do estudo influenciam a direção e a profundidade dele.

Na definição do escopo devem ser considerados e claramente descritos os seguintes itens:

- Sistema de produto a ser estudado;

- Funções do sistema de produto ou, no caso de estudos comparativos, dos sistemas;
- Unidade funcional;
- Fronteiras do sistema de produto;
- Procedimentos de alocação;
- Tipos de impacto e metodologia de avaliação de impacto e interpretação subsequente a ser usada;
- Requisitos dos dados;
- Suposições;
- Limitações;
- Requisitos da qualidade dos dados iniciais;
- Tipo de análise crítica, se aplicável; e
- Tipo e formato do relatório requerido para o estudo.

Para esclarecimentos relativos a estes itens, ver as normas NBR ISO 14040 (2001) e 14041 (2004).

### **1.5.2. Análise de Inventário**

Envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto. Estas entradas e saídas podem incluir o uso de recursos e liberações no ar, na água e no solo associados com o sistema.

### **1.5.3. Avaliação de Impactos**

A fase de avaliação de impactos da ACV é dirigida à avaliação da significância de impactos ambientais potenciais, usando os resultados da análise de inventário do ciclo de vida. Em geral, este processo envolve a associação de dados de inventário com impactos ambientais específicos e a tentativa de compreender estes impactos. O nível de detalhe, a escolha dos impactos avaliados e as metodologias usadas dependem do objetivo e do escopo do estudo.

Esta avaliação modela as questões ambientais selecionadas, chamadas categorias de impacto<sup>12</sup> e utiliza indicadores de categoria para condensar e explicar os resultados do

---

<sup>12</sup> Categoria de impacto é a classe que representa as questões ambientais relevantes às quais os resultados do inventário podem ser associados (NBR ISO 14042, 2004).

inventário. Indicadores de categoria<sup>13</sup> são utilizados para refletir as emissões agregadas ou o uso de recursos para cada categoria de impacto.

A estrutura metodológica e científica para avaliação de impacto ainda está sendo desenvolvida. Modelos de categorias de impacto estão em estágios diferentes de desenvolvimento. Não há nenhuma metodologia aceita de forma geral para a associação consistente e acurada de dados de inventário com impactos ambientais potenciais específicos.

Existe subjetividade na fase da avaliação de impacto do ciclo de vida, tal como a escolha, a modelagem e a avaliação de categorias de impacto. Portanto, a transparência é crítica para assegurar que as suposições sejam claramente descritas e relatadas.

#### **1.5.4. Interpretação dos Resultados**

É um procedimento sistemático para identificar, qualificar, verificar e avaliar os resultados do inventário e da avaliação de impactos de um sistema de produto ou serviço. As constatações desta interpretação podem tomar a forma de conclusões e recomendações para os tomadores de decisão, de forma consistente com o objetivo e o escopo do estudo.

#### **1.6. Rotulagem Ambiental**

A rotulagem ambiental é um mecanismo de comunicação com o mercado sobre os aspectos ambientais do produto ou serviço com o objetivo de diferenciá-lo de outros produtos. Ela deve ser o resultado de uma avaliação técnica criteriosa, na qual sejam levados em conta aspectos pertinentes ao ciclo de vida do produto, como matérias-primas (natureza e obtenção), insumos, processo produtivo (gastos de energia, emissão de poluentes, uso de água), usos e descarte. A rotulagem ambiental já é praticada em vários países<sup>14</sup>, mas com formas de abordagem e objetivos diferentes.

---

<sup>13</sup> Indicador de categoria de impacto do ciclo de vida é a representação quantificável de uma categoria de impacto (NBR ISO 14042, 2004)

<sup>14</sup> A rotulagem começou com iniciativas nacionais, em geral com a participação de órgãos governamentais. A iniciativa mais antiga é da Alemanha (Blue Angel, 1978), seguida pelos países nórdicos (Nordic Swan, 1988), Canadá (Environmental Choice, 1988), Japão (Eco-Mark, 1989), Estados Unidos (Green Seal, 1990), França (NF-Environnement, 1991), Índia (Eco Mark, 1991), Coreia (Eco Mark), Cingapura (Green Label), Nova Zelândia (Environmental Choice) e União Européia (European Ecolabelling), todos em 1992, e Espanha (AENOR, 1993). Esses programas usam critérios diferentes para a concessão do selo verde, com alguns (como Japão e Canadá) focalizando as externalidades ambientais do consumo (uso e descarte final), outros (como França e União Européia) focalizando as externalidades ambientais da produção. O selo dos

Em virtude da proliferação de rótulos e selos ambientais no mercado e da necessidade de se estabelecerem padrões e regras para o seu uso adequado, é que a ISO – International Organization for Standardization desenvolveu normas para a rotulagem ambiental. Como passo inicial estabeleceu a seguinte classificação para os diversos tipos de rotulagem:

- Tipo I – Programa voluntário de terceira-parte (Selo verde), baseado em múltiplos critérios, que outorga uma licença autorizando o uso de rótulos ambientais em produtos, indicando a preferência ambiental de um produto dentro de uma categoria de produto específica com base em considerações de ciclo de vida, No entanto, isto não significa a obrigatoriedade de uma avaliação do ciclo de vida;
- Tipo II – Autodeclaração ambiental informativa;
- Tipo III – Programa voluntário que fornece dados ambientais quantificados de um produto, sobre categorias preestabelecidas de parâmetros, estabelecidos por uma terceira-parte qualificada e baseados (obrigatoriamente) numa avaliação de ciclo de vida , e verificados por essa ou outra terceira-parte qualificada.
- Tipo IV – Rótulo ambiental monocriterioso, atribuído por uma terceira-parte, refere-se apenas a um aspecto ambiental, sem ser baseado em considerações de ciclo de vida.

Com base nessa classificação, a ISO passou a elaborar uma série de normas destinadas à Rotulagem Ambiental que, segundo textos das versões brasileiras publicadas pela ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas, têm os seguintes objetivos:

- NBR ISO 14020:2002 - Rótulos e declarações ambientais, Princípios gerais - estabelece princípios orientadores para o desenvolvimento e uso de rótulos e declarações ambientais. Dentre outros princípios, esta norma enuncia que o desenvolvimento de rótulos e declarações ambientais deve considerar todos os aspectos relevantes do ciclo de vida do produto. No entanto, isso não significa que se deva realizar, necessariamente, uma avaliação do ciclo de vida.
- NBR ISO 14021:2004 – Rótulos e declarações ambientais, Autodeclarações ambientais (Rotulagem do Tipo II) – especifica os requisitos para autodeclarações ambientais, incluindo textos, símbolos e gráficos, no que se referem aos produtos. Também descreve uma metodologia de avaliação e verificação geral para autodeclarações ambientais e métodos específicos de avaliação e verificação para as declarações selecionadas nesta norma.

---

países nórdicos adota, como critério para concessão, a avaliação do ciclo de vida do produto. Por iniciativa da organização Green Seal, foi criada recentemente uma rede mundial de rotulagem ambiental, denominada Global Ecollabeling Network – GEN. Fonte: Instituto Brasil PNUMA, [http://www.brasilpnuma.org.br/pordentro/saibamais\\_iso14000.htm](http://www.brasilpnuma.org.br/pordentro/saibamais_iso14000.htm), em dez 2007

- NBR ISO 14024:2004 – Rótulos e declarações ambientais, Rotulagem ambiental do Tipo I, Princípios e procedimentos – Esta norma estabelece os princípios e procedimentos para o desenvolvimento de programas de rotulagem ambiental do tipo I, incluindo a seleção de categorias de produtos, critérios ambientais dos produtos e características funcionais dos produtos, para avaliar e demonstrar sua conformidade. Os programas podem ser operados por entidades públicas ou privadas e ter natureza nacional, regional ou internacional. Esta norma também estabelece os procedimentos de certificação para a concessão do rótulo.

No ano de 2006 foi lançada a *ISO 14025 - Environmental labels and declarations -- Type III environmental declarations -- Principles and procedures*<sup>15</sup> que estabelece princípios para além daqueles constantes na norma ISO 14020:2000, sendo obrigatório o uso da série de normas ISO 14040 – Avaliação do Ciclo de Vida - no desenvolvimento de programas para declarações ambientais.

Na mesma linha de raciocínio, e ainda mais recentemente, a ISO publicou uma norma específica para produtos destinados à construção. Trata-se da *ISO 21930:2007 - Sustainability in building construction -- Environmental declaration of building products*<sup>16</sup> que estabelece princípios e requisitos para as declarações ambientais de tipo III dos produtos destinados à construção, complementando a ISO 14025 por conter exigências mais específicas para os citados produtos. A norma não define requisitos para o desenvolvimento de programas de declaração ambiental do tipo III, recomendando que para este fim, seja consultada a ISO 14025; também não inclui itens relacionados a ambiente de trabalho, por considerar este um assunto relativo à legislação federal<sup>17</sup>.

Ambas as normas ainda não possuem versões nacionais, mas existe urgência quanto ao alinhamento dos produtos brasileiros a este novo desafio, pela probabilidade de serem impedidos de competir no comércio internacional caso não possuam uma certificação do tipo III. Espera-se que esta necessidade impulse as pesquisas brasileiras em ACV (Avaliação do Ciclo de Vida), pois, nesta área, “estamos bastante atrasados em relação aos países desenvolvidos ou mesmo a alguns em desenvolvimento, como Malásia e Cingapura,

---

<sup>15</sup> Fonte: <http://www.iso.org/iso/catalogue> .

<sup>16</sup> Idem.

<sup>17</sup> Além do que, trata-se de assunto mais abrangente que o espectro da norma.

que já têm seus bancos de dados, tornando as análises mais rápidas e baratas, favorecendo a competitividade” (LEMOS<sup>18</sup>).

Atualmente no Brasil, os rótulos ambientais de tipo I só atingem dois segmentos: produtos orgânicos (alimentícios) e madeira. A Certificação de madeira é feita pelo *FSC (Forest Stewardship Council)* que atua em território nacional através do Conselho Brasileiro de Manejo Florestal. A certificação florestal deve garantir que a madeira utilizada em determinado produto é oriunda de um processo produtivo manejado<sup>19</sup> de forma ecologicamente adequada, socialmente justa e economicamente viável, e no cumprimento de todas as leis vigentes.

Para o IDHEA<sup>20</sup>, a autocertificação é um dos principais inimigos do mercado verde, uma vez que pode induzir o consumidor a acreditar que o produto que ele está adquirindo é ecológico<sup>21</sup> apenas porque carrega este rótulo. Ainda que, em algumas ocasiões, ofereçam informações verdadeiras, trata-se de publicidade sem nenhum controle por parte de organismos independentes. Por isso, para que o ecomercado possa crescer saudável, será fundamental que no Brasil surjam rótulos ambientais como já existem em todo o mundo.

Uma nova rotulagem ambiental foi lançada no Brasil em outubro de 2007 pelo IFBQ - Instituto Falcão Bauer da Qualidade, em conjunto com o IDHEA - Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. O Selo Ecológico Falcão Bauer objetiva avaliar materiais e tecnologias fabricadas, em áreas como construção civil, movelaria, indústria têxtil e química, tendo alcance em todo o território nacional e se propondo a certificar produtos sustentáveis (envolvendo aspectos sociais e ambientais). Segundo seus idealizadores<sup>22</sup>, o selo foi concebido com base em critérios internacionais consolidados, como o *Blue Angel* (alemão), o *Good Environmental Austrália Standart* (Austrália), o *BRE* -

---

<sup>18</sup>Artigo de Haroldo Mattos Lemos, Presidente do Instituto Brasil PNUMA, disponível no endereço [http://www.brasilpnuma.org.br/pordentro/saibamais\\_iso14000.htm](http://www.brasilpnuma.org.br/pordentro/saibamais_iso14000.htm), em dez 2007

<sup>19</sup> O Manejo Florestal é um conjunto de técnicas empregadas para colher cuidadosamente parte das árvores grandes de tal maneira que as menores, a serem colhidas futuramente, sejam protegidas. Com a adoção do manejo a produção de madeira pode ser contínua ao longo dos anos.

<sup>20</sup> Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. Endereço: [www.idhea.com.br](http://www.idhea.com.br)

<sup>21</sup> O IDHEA define produto ecológico como todo artigo que, artesanal, manufaturado ou industrializado, de uso pessoal, alimentar, residencial, comercial, agrícola e industrial, seja não-poluente, não-tóxico, notadamente benéfico ao meio ambiente e à saúde, contribuindo para o desenvolvimento de um modelo econômico e social sustentável.

<sup>22</sup> <http://www.falcaobauer.com.br>, em fev.2008.

*Methodology for Enviromental Profiles* (inglês) entre outros, o modelo é descrito como sendo adaptado à realidade brasileira e consiste na avaliação do ciclo de vida do produto e seu desempenho, comprovados através de inspeções periódicas e ensaios laboratoriais. O Selo Ecológico Falcão Bauer é dividido em cinco níveis de avaliação e certificação, que são conferidos com cores diferentes, em gradação crescente de acordo com o desempenho sustentável do produto.

### **1.7. Programas Computacionais**

Existe uma série de ferramentas computacionais de suporte a decisões e auxílio ao projeto, especializadas no uso de ACV para medir ou comparar o desempenho ambiental de materiais e componentes de construção civil, como o *ECO QUANTUM* (Holanda), *ECO-PRO* (Alemanha), *EQUER* e *TEAM™ for Buildings* (França), *BEES* (EUA), *ATHENA™* (Canadá) e *LCAid* (Austrália) (SILVA, 2003).

A título de exemplo e de acordo com Lippiatt (2007), pode-se descrever o software americano *BEES® --Building for Environmental and Economic Sustainability*, que começou a ser desenvolvido em 1995 pelo *NIST -National Institute of Standards and Technology/Green Building Program*. O objetivo do programa é desenvolver e implementar uma metodologia sistemática para a seleção de materiais construtivos e produtos utilizados na edificação que possua um balanço apropriado entre os desempenhos *econômico* e *ambiental*. Atualmente o programa está disponível na versão 4.0 (agosto de 2007) incluindo mais de 230 produtos/ materiais construtivos.

O *BEES* analisa o desempenho ambiental dos produtos de construção baseado na série ISO 14040, considerando todos os estágios da vida do produto: aquisição de matéria-prima, produção, transporte, instalação, uso e descarte. O desempenho econômico é avaliado com base no *ASTM E917-05, Standard Practice for Measuring Life-Cycle Costs of Buildings and Building Systems* que considera os custos relativos a investimento inicial, substituição, operação, manutenção e descarte. Ambos os desempenhos são analisados conjuntamente com base no *ASTM E1765-07 Standard Practice for Applying Analytical Hierarchy Process (AHP) to Multiattribute Decision Analysis of Investments Related to Buildings and Building Systems*.

Apesar de ser um software voltado para a realidade norte americana, podem-se extrair elementos, como critérios e indicadores, que sejam úteis a estudos voltados para a nossa realidade.

### **1.8. Conclusões acerca do uso da ferramenta ACV nesta pesquisa**

Em função de sua profundidade e abrangência é de consenso internacional que a ACV representa a técnica existente mais adequada à compreensão ambiental de produtos ou serviços, sendo que diversos métodos de avaliação ambiental procuram, de alguma forma, aplicar seus conceitos. Por isso, a intenção inicial da presente pesquisa foi apoiar-se nesta ferramenta. No entanto, conforme se ia ganhando alguma familiaridade com a metodologia, pôde-se fazer algumas constatações:

- A ACV ainda está em estágio inicial de desenvolvimento. Como a própria NBR ISO 14040 (2001) comenta, algumas fases da técnica, como a avaliação de impacto, ainda estão em relativa infância. Além disso, tem aplicação complexa e se depara com dificuldades tais como a possível limitação da exatidão dos estudos pela falta de acessibilidade ou disponibilidade, ou mesmo da qualidade dos dados pertinentes. No Brasil, estas dificuldades acentuam-se imensamente pela ausência de bases de dados relativas aos impactos ambientais dos materiais de construção. Estes entraves podem ser percebidos em diversos trabalhos que aqui foram desenvolvidos onde, na maioria dos casos, optou-se pela concentração em etapa específica da vida do material estudado e não em toda a sua existência.
- Por se tratar de ferramenta de avaliação de impactos ambientais, a ACV não tem estrutura que comporte a abordagem de aspectos econômicos, sócio-culturais ou de desempenho do produto (ou serviço), a menos que estes gerem elementos de saída. O que certamente exige um novo exame, com outro enfoque, quando se pretende averiguar seu desempenho em face da sustentabilidade.
- São escassos os dados para análise do potencial de impacto ambiental de diversos aspectos levantados por uma ACV, estando estes profundamente ligados a outras áreas de conhecimento como por exemplo a química e a engenharia de produção. A disponibilidade desses dados depende de pesquisas mais aprofundadas nas diversas áreas envolvidas.

Como, através da ACV, não seria possível a comparação, ainda que apenas entre poucos produtos, com a abrangência pretendida – envolvendo os diversos aspectos que devem ser analisados, pelo profissional comprometido com a sustentabilidade, para a especificação de materiais no projeto de arquitetura - optou-se nesta pesquisa:

- pela não utilização de tal ferramenta;
- por não ater a pesquisa à avaliação de materiais específicos;
- pela abordagem da sustentabilidade dos materiais através do exame de suas características desejáveis – de forma a torná-los *materiais preferenciais*.

A partir desse direcionamento e considerando que a presente pesquisa pretende observar a sustentabilidade dos materiais em edificações escolares, primeiro será necessário apreender os conceitos relativos à sustentabilidade na arquitetura escolar para, só então, avaliar como a seleção de materiais interfere neste resultado.

Sendo assim, o próximo capítulo será dedicado à compreensão da sustentabilidade na arquitetura escolar.

## **CAPÍTULO 2 – Sustentabilidade na Arquitetura Escolar**

Conforme já foi visto, a ação sobre o setor da construção civil é indispensável na busca pelo desenvolvimento sustentável. Edificações, destinadas a quaisquer fins, devem, cada vez mais, incorporar conceitos de sustentabilidade desde a fase inicial de projeto. No entanto, se há um tipo de construção onde estas questões devem ser ainda mais valorizadas, esta é, sem dúvida alguma, a edificação escolar.

O papel desempenhado pelo ambiente escolar no processo de construção do conhecimento, torna esta edificação profundamente comprometida com os valores a serem transmitidos aos alunos que ali estudam. Inclusive no que se refere à educação ambiental que

“...precisa estar conectada ao entendimento de economia, saúde, educação e cidadania. As crianças devem entender que elas são parte de um delicado ecossistema e ter conhecimento das conseqüências positivas que advirão para todo o planeta, por exemplo, caso elas tornem seu pátio escolar verde” (FEDRIZZI, 1999 apud AZEVEDO, 2002, p. 99).

Os valores inculcados nesses cidadãos em formação, atuarão não apenas no futuro mas também no presente, considerando que estes mesmos alunos difundirão o que aprenderam por toda a comunidade. Trata-se do conhecimento passado “de filho para pai” cuja ação é poderosa.

Por sua importância, o tema vem se tornando objeto de estudos frequentes. Dentre vários exemplos, aqui serão citadas algumas iniciativas governamentais que intenciam difundir estratégias projetuais relacionadas aos conceitos de sustentabilidade e à edificação escolar.

No estado da Califórnia (EUA), foi criado em 1999 o *Collaborative for High Performance Schools*, aqui referido como CHPS, quando órgãos ligados a produção e fornecimento de energia se reuniram com a intenção de buscar a melhor forma de promover o alto desempenho nas escolas. Esta parceria foi aos poucos recebendo novas adesões e hoje, como uma organização sem fins lucrativos, oferece: autocertificação e programa de

reconhecimento; treinamento para profissionais de projeto; manual prático<sup>23</sup>; e orientação quanto a recursos (materiais e serviços) com alto desempenho.

O CHPS (2006, v.1) qualifica uma escola de alto desempenho como aquela que emprega as melhores estratégias de projeto e tecnologias de construção da atualidade, de forma que: ofereça ambientes saudáveis e confortáveis; conserve energia, recursos e água; funcione como uma ferramenta de ensino; ofereça espaços e serviços à comunidade; assegure fácil operação e manutenção; crie uma atmosfera educacional segura e protegida.

O Governo dos Estados Unidos, através do Programa *U.S. Department of Energy's Rebuild America Energy Smart Schools*, adaptou o volume II do manual elaborado pelo CHPS (*Design*) criando um documento de referência nacional, o *National Best Practices Manual for Building High Performance Schools*, publicado em 2002, aqui referido como NBPM-BHPS, voltado especificamente para arquitetos e engenheiros envolvidos em reformas e construções de escolas.

No Brasil, apesar de não haver publicações voltadas diretamente para a sustentabilidade em edificações escolares, pode-se observar a preocupação com questões relacionadas ao tema em vários trabalhos. O documento *Parâmetros Básicos de Infra-estrutura para Instituições de Educação Infantil (BRASIL/MEC, 2006)*, publicado pela Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação e elaborado pelo Grupo Ambiente-Educação - GAE<sup>24</sup>, é um bom exemplo disso. Apesar de não estar voltado para o segmento de ensino abordado nesta pesquisa – o fundamental – nele se pode encontrar muitas recomendações aplicáveis a qualquer edificação escolar e parte delas adequadas a toda edificação que seja construída, reformada ou adaptada à luz dos princípios do desenvolvimento sustentável.

Outra publicação que pode ser citada: *Espaços Educativos Ensino Fundamental - Subsídio para Elaboração de Projetos e Adequação de Edificações Escolares*

---

<sup>23</sup> O manual prático do CHPS, elaborado em auxílio a projeto, construção e administração de escolas, está organizado em 6 volumes, cujas edições mais atuais são: *Planning* (2006); *Design* (2006); *Criteria* (2006); *Maintenance & Operations* (2004); *Commissioning* (2006) e *Relocatable* (2006).

<sup>24</sup> O GAE é um grupo multidisciplinar de estudos dedicados aos ambientes educacionais, cujos membros são profissionais das Universidades UFRJ/UERJ/UCP.

(BRASIL/MEC, 2002), faz parte do programa FUNDESCOLA<sup>25</sup> e também possui conteúdo relacionado ao tema.

É indispensável a percepção de que já na etapa de programação e estudos de viabilidade da edificação escolar, devem ser definidas metas e incorporadas estratégias em prol desses conceitos.

## **2.1. O Espaço de Aprendizado**

Adotando-se a expressão utilizada pelo CHPS, ao se pensar em uma escola com *alto desempenho*, deve-se, inicialmente, reconhecer a importância do ambiente escolar para a eficácia do processo educativo. É necessário que a edificação seja projetada de forma a valorizar e facilitar as relações entre os indivíduos e destes com o espaço construído – espaço “que dá respostas e interage com o usuário na construção de seu conhecimento” (AZEVEDO, 2002, p. 3).

Além disso, grandes mudanças vêm ocorrendo no país e no mundo, advindas principalmente do estabelecimento de uma nova ordem geopolítica e das grandes transformações ocorridas na pedagogia e nos meios de comunicação, transmissão de dados e informações. Em função de todas estas mudanças, a arquitetura escolar tem merecido destaque como campo específico do saber. Percebe-se que os espaços construídos devem acompanhar estas transformações: “ambientes rígidos e controladores – com organização espacial semelhante àquelas de mais de cem anos atrás - salas de aula ao longo de corredores, carteiras dispostas em filas, etc” (AZEVEDO e BASTOS, 2002) devem ceder lugar a espaços mais flexíveis.

Com a substituição do formalismo didático, é necessária uma escola ativa, onde o espaço físico seja parte integrante do processo pedagógico. A figura tradicional do professor está sendo substituída, aparece em seu lugar o professor facilitador da busca de informações e ao mesmo tempo agente motivador das ações. Por outro lado, a escola precisa preparar seus alunos para a inserção no mercado profissional que exige, cada vez

---

<sup>25</sup> O Fundo de Fortalecimento da Escola (FUNDESCOLA) é um programa do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE/MEC), com a interface das secretarias estaduais e municipais de Educação das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste e financiamento proveniente do Banco Mundial (Bird). Tem por objetivo promover, em regime de parceria e responsabilidade social, a eficácia, eficiência e equidade no ensino fundamental público, por meio da oferta de serviços, produtos e assistência técnico-financeira inovadores e de qualidade, que focalizam o ensino-aprendizagem e as práticas gerenciais das escolas e secretarias de educação, ampliando a permanência das crianças nas escolas públicas, assim como a escolaridade nessas regiões do país.

mais, indivíduos capazes de grande interação. “O aluno deverá encontrar na escola o espaço para descobertas de si mesmo e do mundo, aprender a trabalhar, compartilhar e vencer desafios” (IBAM, 1996).

A nova escola deve ser um espaço aglutinador e interativo e sua arquitetura deve permitir flexibilidade para absorver mudanças físicas e transformações. “Espaços abertos e generosos, que não interponham dificuldades à organização de grupos de trabalho e permitam a utilização de equipamentos de áudio, vídeo e computação” (IBAM, 1996).

Se pretendemos a produção de uma arquitetura escolar de qualidade, [...] deseja-se que o prédio escolar, além de abrigar confortavelmente seus usuários, fornecendo condições adequadas de segurança e de conforto [...], interaja com os mesmos, participando de seu aprendizado. O espaço físico deixa de lado sua posição de neutralidade – que não compromete ou prejudica uma dinâmica educacional – para assumir um papel mais participativo nesse processo (AZEVEDO e BASTOS, 2002, p. 158).

Em busca dessa qualidade, deve-se produzir uma arquitetura mais representativa dos valores e necessidades dos usuários, considerando a concepção da edificação escolar como um processo coletivo e interdisciplinar, estabelecendo um compromisso entre o ambiente físico e a filosofia educacional, na qual arquitetos e educadores deverão compartilhar experiências.

As respostas dadas à edificação escolar, por seus usuários, refletem diretamente não apenas a estrutura social do local onde está inserida, mas também as significâncias simbólicas que esta edificação tem para eles. Além disso, “o ambiente físico da escola normalmente é confundido com o próprio serviço escolar e com o direito à educação” (AZEVEDO, 2002, p.9). A partir destas observações podem-se fazer os seguintes questionamentos: *Estão esses usuários satisfeitos com o ambiente construído a eles oferecido? Atende as suas necessidades e expectativas?*

A agressão à edificação escolar, através de atos de depredação e vandalismo, pode estar relacionada ao descaso e à insatisfação do usuário com o desempenho desse prédio. Este é um sério problema que muitas unidades de nossa rede pública de ensino têm enfrentado.

Ambientes construídos, que apresentam pouca qualidade físico-espacial, são comumente vandalizados em todas as partes do mundo, num dos fenômenos transculturais mais evidentes de nossos tempos (DEL RIO & OLIVEIRA, 1996 apud AZEVEDO, 2002, p.10).

## **2.2. Processo de Projeto da Edificação Escolar**

Segundo o CHPS (2006, v.2), as características de uma escola com alto desempenho refletem um conjunto de objetivos ambientais, econômicos e sociais. Para alcançar estes objetivos, o processo de planejamento e projeto é fundamentalmente diferente das práticas convencionais e requer um compromisso efetivo com:

- critérios de desempenho energético e ambiental;
- a visão de que a edificação escolar e seu sítio estão inseridos no contexto de sua comunidade;
- o entendimento de que a escola está inserida em um ecossistema natural, ainda que localizada em uma área urbana;
- a incorporação de colaboração interdisciplinar ao longo do processo de projeto e construção;
- a maximização do desempenho dos estudantes com a adoção de medidas voltadas para a obtenção da qualidade ambiental;
- a integração de todas as estratégias e decisões significativas, desde a fase de planejamento;
- a otimização das decisões de projeto através de simulações, modelos ou outras ferramentas de projeto;
- a consideração do ciclo de vida da edificação ao analisar o custo de todas as decisões a serem tomadas;
- o projeto de sistemas que sejam fáceis de operar e manter;
- a provisão da edificação com equipamentos e sistemas que garantam o bom desempenho contínuo;
- a documentação do alto desempenho dos materiais e técnicas escolhidos para a edificação, de forma que manutenção e reparos possam ser feitos de acordo com a intenção original de projeto;
- a promoção de construção e manutenção eficientes;
- o fornecimento de manual de fácil entendimento, documentação e treinamento à equipe para operação e manutenção.

Quanto mais cedo as metas de alto desempenho forem consideradas no projeto, mais fáceis e menos custosas serão as incorporações decorrentes. Pode-se mesmo afirmar que várias destas medidas somente obterão sucesso caso sejam aplicadas desde o início. Para melhores resultados, as metas devem estar refletidas sob todos os aspectos na documentação de projeto.

### **2.3. Projeto Integrado**

O projeto integrado representa a elaboração simultânea e participativa de todos os projetos referentes aos sistemas e componentes da edificação. Isto trás o envolvimento de todas as disciplinas envolvidas e suas recomendações passam a ser vistas como um todo. *Trabalha-se considerando que cada decisão tomada impacta de alguma forma sobre o restante do projeto e este entendimento permite a otimização das soluções.*

Apenas para citar alguns exemplos, não são raros os casos em que a definição do sistema de ar condicionado é feita sem que o projeto de iluminação seja levado em conta e, ainda com maior freqüência, o sistema de iluminação ser definido sem considerar o aproveitamento da luz natural.

Quanto mais cedo for feita a integração, maiores serão os benefícios. Para uma escola de alto desempenho, a colaboração e a integração dos projetistas devem começar na fase de programação.

### **2.4. Metas de Desempenho**

Para a conquista de uma edificação escolar baseada nos princípios da sustentabilidade, pode-se dizer que as questões giram em torno de algumas metas muito bem apontadas pelo *Innovative Design*<sup>26</sup>:

- redução dos custos de operação;
- ensino de sustentabilidade através da edificação;
- incremento ao desempenho acadêmico;
- proteção ao meio ambiente;
- projeto para a saúde, a segurança e o conforto;

---

<sup>26</sup> Consulta a manual (*Sustainable Schools Guide*) elaborado por empresa americana de arquitetura - *INNOVATIVE DESIGN*. Disponível em: [www.innovativedesign.net](http://www.innovativedesign.net) . Acessado em jun.2006.

- valorização da comunidade.

## **2.5. Recomendações**

Visando a alcançar as metas de desempenho listadas, apresenta-se, a seguir, uma série de recomendações organizadas em torno de alguns tópicos.

### **2.5.1. Parâmetros Contextuais-ambientais**

São as circunstâncias pré-existentes que influenciam as decisões arquitetônicas: condições do terreno, infra-estrutura, legislação em vigor, o que está construído nas proximidades, aspectos sócio-culturais e econômicos e aspectos físico-climáticos e ambientais<sup>27</sup>. Estes são fatores determinantes para a seleção do terreno compatível com a implantação da unidade educacional (GAE, 2004).

As características do terreno – dimensões, forma e topografia – deverão oferecer condições apropriadas à implantação da escola, considerando-se uma adequada relação entre a área construída e as áreas livres (recreação, área verde/paisagismo, estacionamento e possibilidade de ampliação).

No caso de terrenos acidentados, as alternativas de corte ou aterro devem ser analisadas. Conforme cita o *Innovative Design*, deve-se trabalhar com as curvas de nível, procurando evitar grandes movimentos de terra e minimizar as pavimentações impermeáveis. Ao mesmo tempo, é necessário ter em mente que a acessibilidade universal - não apenas à edificação escolar mas também aos espaços externos - é questão primordial; o que faz com que a escolha do terreno e a implantação do equipamento escolar devam ser feitas com cautela.

Quanto à localização das escolas, segundo a bibliografia consultada (GAE, 2004; BRASIL/MEC, 2002; CHPS, 2006, v.2), deve-se evitar:

- proximidade a zonas industriais com índice de poluição significativos e a antenas de transmissão (TV e telefone) devido às ondas eletromagnéticas;
- proximidade a zonas de ruído (aeroporto e indústrias). Em casos inevitáveis, deve-se solicitar aos órgãos competentes soluções construtivas de isolamento acústico (barreiras acústicas);

---

<sup>27</sup> Os parâmetros ambientais dizem respeito à topografia do terreno e às condições do microclima da região – insolação, temperatura, ventos, umidade, índice pluviométrico e qualidade do ar.

- terrenos situados sob redes de transmissão de energia elétrica;
- terrenos situados sobre adutoras, oleodutos e gasodutos;
- terrenos situados próximos de encostas ou barrancos perigosos;
- terrenos onde haja a presença de asbesto ou metais pesados;
- áreas pantanosas.
- terrenos inundáveis e oriundos de aterro sanitário.

A inserção da instituição no contexto local é de extrema importância, não apenas pelas interferências sofridas em decorrência do entorno como também por aquelas causadas a ele (impactos como ruídos, trânsito de veículos e pedestres, incremento à utilização de transporte coletivo, efeitos climáticos, alteração da biodiversidade, etc.). Deve-se buscar uma relação harmoniosa no presente, além de levar em conta a evolução possível no futuro.

O NBPM-BHPS (2002) destaca que sítio<sup>28</sup> e implantação têm enorme influência no desempenho da edificação. O planejamento inteligente trás uma série de benefícios sumarizados a seguir.

#### Quadro 01 – Considerações sobre sítio e implantação – Benefícios

Meta	Considerações
Eficiência energética	Está diretamente ligada à implantação da edificação; considerando orientação, volumes a serem construídos e do entorno, vegetação e ventos
Uso eficiente da água	A gestão eficiente da água inclui: tratamento e reaproveitamento de águas servidas, captura de águas de chuva, coberturas verdes, utilização de plantas nativas e de tecnologias eficientes de irrigação
Proteção ao ecossistema natural	A maioria das decisões relativas ao planejamento do sítio afeta diretamente o ambiente natural: conservação e tratamento de água, orientação das edificações, preservação e restauração de áreas de <i>habitat</i> natural, uso de plantas nativas e materiais apropriados, etc
Eficiência dos materiais	Utilização de materiais da região e reaproveitamento ou reciclagem de materiais encontrados no sítio
Conforto higrotérmico, acústico e visual	O conforto depende diretamente da orientação e do envelope da edificação
Saúde e qualidade do ar interior	O sítio não pode conter químicas ou poluentes em suspensão que tragam perigo à saúde dos usuários. Sítios bem escolhidos fornecem oportunidade de ventilação natural e reduz os níveis de CO <sub>2</sub>

<sup>28</sup> No amplo sentido de localidade: englobando não apenas o terreno, mas também suas imediações.

Proteção e Segurança	Situação da edificação, paisagem, pátio protegido, acesso e circulações bem situadas
Relação com vizinhança e comunidade	Considerar de uso comunitário os jardins, estacionamentos, auditório, cantina, etc, para conectar a escola à comunidade. Organizações locais sem fins lucrativos representam excelente caminho para promover integração e proteção
Aprendizado	Utilização da natureza como ferramenta de ensino para ciências, matemática, história, artes e programas de saúde; uso dos jardins para conectar os alunos aos conceitos de preservação do meio ambiente. Deve ser aproveitado o potencial de cada oportunidade para lições da vida real em negócios e economia, através de programas locais envolvendo crescimento, venda ou especulação de produtos.
Recreação	As áreas de recreação devem ser criativas utilizando ampla variedade de elementos naturais como solo, água, vegetação, cercas-vivas, etc

Fonte: NBPM-BHPS (2002) – tradução própria

Uma boa implantação deve respeitar e manter as características peculiares de clima e paisagem de cada lugar. Além disso, uma mesma região pode possuir características climáticas variadas em função da cobertura vegetal, do relevo, das superfícies de água e de vários outros elementos da paisagem, fazendo com que as regiões sejam heterogêneas, embora possam ter o mesmo tipo de clima. Conforme cita o BRASIL/MEC (2002), é inegável a importância de uma arquitetura própria, adequada à sua região. No entanto, sabe-se que na rede pública a padronização é inevitável (possui diversas vantagens: redução de prazos, consumo de recursos e custos; obtenção de melhor qualidade; etc.). Deve-se, com isso, optar por modelos arquitetônicos que apresentem grande versatilidade (quanto à organização espacial, à possibilidade de utilização de dispositivos de sombreamento, dentre outros).

A insolação, os ventos dominantes (intensidade e direção) e as condições de temperatura, índice pluviométrico e umidade do sítio, são fatores – com suas características sazonais - absolutamente decisivos para a obtenção de conforto em condições naturais, e devem ser considerados na criação de soluções e oportunidades de aproveitamento das características locais. “Adequar a edificação a seu entorno climático significa, entre outros procedimentos, garantir a justa cota de Sol e de ar , de forma a oferecer um ambiente

propício às atividades ali previstas”<sup>29</sup>. Escolhas e dimensionamentos acertados propiciam o maior aproveitamento destes recursos. Os dispositivos aplicados devem buscar equilíbrio entre as condições de conforto térmico, visual e acústico além de garantir a boa qualidade do ar interior.

A configuração arquitetônica deve responder aos parâmetros ambientais através de implantação, forma, volumetria, dispositivos de sombreamento, padrão construtivo, materiais e acabamentos (GAE, 2004).

A incorporação das condições naturais do terreno para promover a eficiência energética - através de ventilação e iluminação naturais e sistemas alternativos de geração de energia - fará do edifício escolar valioso instrumento para o processo pedagógico, desenvolvendo a consciência ecológica nos alunos.

Terrenos apropriados à implantação da unidade escolar dependem também da disponibilidade de infra-estrutura urbana na região, isto é, existência de saneamento básico, rede elétrica, rede telefônica e transporte coletivo compatíveis.

## **2.5.2 Qualidade Ambiental<sup>30</sup>**

A qualidade do ambiente construído possui uma série de condicionantes. Os aspectos perceptivos, cognitivos e comportamentais resultantes da interação da edificação escolar com seus usuários, apesar de relevantes, não constituem o objeto de estudo deste trabalho. Aqui, a qualidade ambiental é tratada atendo-se apenas ao conjunto de condições físicas capazes de proporcionar conforto, bem-estar e salubridade aos seus usuários.

### **Conforto Ambiental**

Apesar do presente capítulo ser dedicado à sustentabilidade na arquitetura escolar de uma forma geral, na abordagem do conforto ambiental, optou-se pela particularização, de forma a reduzir consideravelmente o volume de aspectos a serem abordados. Sendo assim,

---

<sup>29</sup> Notas de aula. Disciplina: Sustentabilidade. PROARQ/UFRJ, 2006.

<sup>30</sup> Antes de prosseguir com o exame dos demais parâmetros a serem considerados (programático-funcionais, estético-compositivos e técnico-construtivos), julgou-se adequado que as questões referentes à qualidade ambiental fossem analisadas mais de perto, por estarem estas diretamente relacionadas aos parâmetros contextuais-ambientais, apesar de também permeadas pelos demais critérios.

serão examinadas especificamente as condições inerentes às edificações públicas escolares construídas em clima tropical úmido, como o da cidade do Rio de Janeiro, objeto desta pesquisa a partir do próximo capítulo.

As necessidades de nossa rede pública escolar vão de encontro a soluções pertencentes a um bom projeto de arquitetura bioclimática, que tem como objetivo

...prover um ambiente construído com conforto físico, sadio e agradável, adaptado ao clima local, que minimize o consumo de energia convencional e precise da instalação da menor potência elétrica possível, o que também leva à mínima produção de poluição (CORBELLA e YANNAS, 2003, p.37).

De acordo com os autores citados, as estratégias para conseguir um bom nível de conforto em clima tropical úmido são:

- controlar os ganhos de calor;
- dissipar a energia térmica do interior do edifício;
- remover a umidade em excesso e promover o movimento de ar;
- promover o uso da iluminação natural;
- controlar o ruído.

*Deve-se projetar para o conforto e a qualidade*, procurando reduzir o consumo de energia e recursos em geral. A melhor forma de atingir estes resultados é através do projeto integrado, onde as questões térmicas, lumínicas e acústicas são analisadas em conjunto. Ferramentas de simulação representam excelente recurso para análise destas interações de forma a otimizar o envelope da edificação, baseando-se no desempenho total do sistema.

### **2.5.2.1. Conforto Térmico**

O conforto térmico é uma importante variável no desempenho de alunos e professores. Salas de aula quentes e abafadas ou excessivamente frias reduzem a atenção e limitam a produtividade.

De acordo com Corbella e Yannas (2003), o bem-estar (ou “estar bem”) térmico, no interior de uma edificação, tem relação com os seguintes aspectos climáticos: a temperatura; a umidade; a radiação infravermelha (dos elementos da construção vizinhos à pessoa – paredes, chão, vidros, cortinas, etc.); o movimento do ar e a radiação solar.

Também estão diretamente relacionados ao conforto térmico, aspectos pessoais tais como: o tipo de atividade (quanto mais atividade, maior a temperatura da pele) e o vestuário (que se constitui numa resistência térmica adicional, aumentando a temperatura da pele), a idade e o sexo (ligados a diferenças de peso, metabolismo e tipo de roupa).

Há duas formas de se minorar os problemas de desconforto térmico em edificações: de forma ativa, com a utilização de equipamentos de condicionamento de ar; e de forma passiva, com a utilização de técnicas naturais.

O tratamento da questão através da forma passiva se alinha aos propósitos da sustentabilidade (eficiência energética) e, por fatores econômicos, representa o principal recurso disponível para a obtenção de um padrão de conforto térmico aceitável em nossas edificações públicas escolares. No clima tropical úmido do Rio de Janeiro, Corbella e Yannas (2003) apontam as seguintes estratégias de projeto:

#### **a. controlar os ganhos de calor**

É fundamental que haja o controle do ganho de calor produzido pela absorção da energia solar que atinge as superfícies do ambiente construído. Sendo assim, o primeiro objetivo do projeto arquitetônico é a proteção da radiação solar. Esta proteção deve controlar duas situações diferentes:

- energia solar que entra pelas aberturas;
- energia solar absorvida pelo envelope da edificação

#### **b. dissipar a energia térmica, remover o excesso de umidade e promover o movimento de ar no interior do edifício**

O ambiente construído, quando ocupado, tem maior temperatura e umidade que no exterior, devido ao calor transmitido e à umidade das pessoas, das plantas, dos animais, da cocção de alimentos, da iluminação e dos aparelhos em funcionamento. Estes dois elementos (temperatura e umidade) são determinantes para o conforto térmico e devem ser controlados através de um sistema eficiente de ventilação natural.

Existe ainda outro cuidado relacionado ao uso da ventilação natural: o controle da qualidade interna do ar, que será examinado no item 2.5.2.4.

### 2.5.2.2. Conforto Visual

O conforto visual depende de um bom projeto de iluminação, que integre e harmonize os sistemas de iluminação natural e artificial. Este conforto é requerimento fundamental para as tarefas visuais — realçando as cores e a aparência dos objetos — e deve estar aliado à redução de consumo de energia (GAE, 2004).

O uso efetivo da luz natural no interior das edificações, possui imenso valor. Nas últimas duas décadas, um grande número de pesquisas tem indicado que existe uma ligação entre a quantidade de luz natural que uma pessoa recebe e sua saúde e produtividade. Nestas pesquisas, existe um consenso de que a luz do sol tem um efeito criativo sobre os seres humanos. É sabido também, que a luz natural intensifica o processo enzimático do metabolismo, aumentando a atividade hormonal, e equilibra o sistema nervoso central e o sistema muscular. Recentes pesquisas indicam, ainda, que existe uma forte correlação entre a introdução da luz natural – controlada - em salas de aula e a frequência dos estudantes e seu desempenho acadêmico (*INNOVATIVE DESIGN*<sup>31</sup>). Além disso, é importante notar que a luz natural, além de seus benefícios para a saúde e desempenho, dá a sensação psicológica do tempo – cronológico e climático – no qual se vive, ao contrário da monotonia fornecida pela luz artificial.

O projeto de iluminação deve ter como base a complementação e não a substituição da iluminação natural pela elétrica, principalmente nos trópicos, onde o céu é uma grande fonte luminosa.

Os níveis de iluminação natural num espaço aberto são maiores que 30.000 lux e num dia claro, mais de 100.000 lux. A admissão dentro do edifício de 1% da luz exterior proporciona um nível de iluminação de 300 lux em dias médios e até 1.000 lux nos dias claros, o qual é mais do que suficiente para qualquer atividade normal. Ainda que esses níveis não estejam disponíveis sempre, estes exemplos mostram que não é necessário ter grandes áreas de vidraças, como é preciso em outras regiões com céus de menor luminosidade (CORBELLA E YANNAS, 2003, p.47).

Os benefícios da luz natural devem ser utilizados com cautela, através da criação de estratégias que eliminem a entrada da radiação solar direta (minimizando o ofuscamento e o

---

<sup>31</sup> *INNOVATIVE DESIGN. Sustainable Schools Guide*. Disponível em: [www.innovativedesign.net](http://www.innovativedesign.net) . Acessado em jun.2006.

aquecimento do ambiente), nos horários de utilização de salas de aula e ambientes de trabalho (ver figura 01). Devem-se oferecer condições de conforto a esses usuários, evitando inclusive que precisem estar constantemente ajustando sua visão.



Fac. Design da UNAM, Cidade do México (México): proteção da fachada com brises fixos. Foto: Cecília Muller, Fonte: [www.usp.br/fau](http://www.usp.br/fau).



UNITEC, Cidade do México (México): proteção da fachada com brises móveis. Foto: Cecília Muller, Fonte: [www.usp.br/fau](http://www.usp.br/fau).

Figura 01: Estratégias de Controle da Entrada da Radiação Solar

As cores dos revestimentos internos contribuem diretamente para a maximização do poder de alcance da luz; deve-se tirar partido delas, sem esquecer o controle do ofuscamento. Em ambientes amplos, uma boa estratégia é a utilização de prateleiras de luz para refletir a iluminação mais profundamente dentro do espaço (figura 02).

Fonte: [www.innovativedesign.net](http://www.innovativedesign.net)



Figura 02: Prateleira de luz

Existe uma variedade de estratégias que podem ser incorporadas ao projeto com a finalidade de controlar a radiação solar direta e proporcionar iluminação natural de boa qualidade: escolha das esquadrias, tipos de vidro e proteções externas adequadamente dimensionadas (beirais, varandas, brises, toldos, etc), de forma a permitir que apenas a radiação necessária para iluminação entre nos espaços durante as horas de pico de calor. O *Innovative Design* lembra que estas estratégias devem estar aparentes para que tenham efeito educativo. A participação dos alunos no controle destes fatores, como a regulação de brises móveis, por exemplo, estimulará a curiosidade e o entendimento.

A iluminação zenital (luz que entra pelo teto) produz uma distribuição mais uniforme que a iluminação lateral. Porém, as aberturas ou vãos (clarabóias, lanternins, sheds ou panos de vidro) devem ser protegidos para não permitir a entrada de radiação solar direta, sob pena de produzir um aumento excessivo de carga térmica e manchas solares que criarão fortes contrastes. Sem esse cuidado, a iluminação zenital não é aconselhável nos trópicos (CORBELLA E YANNAS, 2003).

### **2.5.2.3. Conforto Acústico**

A ciência nos mostra que a audição deve ser objeto de constantes cuidados pois “enquanto outros órgãos do sentido descansam durante o sono, os ouvidos se mantêm em estado de alerta”, explica Eduardo Murgel, engenheiro ambiental e especialista em acústica, de São Paulo (ESCOLA ON-LINE, 2005). Apesar disso, nem sempre percebemos os impactos do excesso de ruído em nossas vidas. Mesmo em atividades de lazer, muitas vezes somos expostos a ruídos intensos e assumimos uma postura passiva.

A audição funciona como um alarme, e isso tem explicação antropológica: quando o homem vivia em cavernas, ficava atento para ouvir quando um animal se aproximava. Ao perceber o perigo, seu cérebro produzia quantidade extra de adrenalina, deixando o corpo preparado para o combate ou para a fuga [...] seu sistema de defesa continua o mesmo: sempre que ouve um ruído alto, o nível de adrenalina aumenta, fazendo subir a pressão arterial e gerando estresse instantâneo (ESCOLA ON-LINE, 2005).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a poluição sonora é hoje, depois da poluição do ar e da água, o problema ambiental que afeta o maior número de pessoas, sendo o limite suportável para o ouvido humano o nível de 65 decibéis. Acima disso, o

organismo humano começa a sofrer. “Distúrbios do sono, estresse, perda da capacidade auditiva, surdez, dores de cabeça, alergias, distúrbios digestivos, falta de concentração e aumento do batimento cardíaco são algumas das conseqüências resultantes da exposição ao excesso de ruído” (PROGRAMA SILÊNCIO, 1990).

De acordo com a OMS, os níveis sonoros excessivos na escola e em casa, além de afetar a qualidade da comunicação verbal, acarretam uma série de problemas no desenvolvimento intelectual dos alunos como: demora na aquisição da linguagem, dificuldades com a linguagem escrita e falada, limitações na habilidade de leitura e na composição do vocabulário. Um ambiente ruidoso pode, ainda, levar a mudanças no comportamento das crianças. Ruídos em excesso contribuem para um comportamento agressivo e fácil irritabilidade, o que pode afetar o ambiente social dentro e fora da escola<sup>32</sup>.

Devido aos prejuízos que o excesso de ruído pode trazer à saúde, ao aprendizado e ao desempenho, percebe-se a importância de níveis sonoros adequados no ambiente escolar, principalmente nas salas de aula. Além disso, com a alteração do ritmo cardíaco ocorre a redução da produtividade física e mental. Ou seja, “[...] voltar a estudar após esse tipo de exposição parece mais difícil que se imagina. A falta de atenção da classe pode, nesses casos, não ser apenas reflexo do mau comportamento dos alunos, mas uma questão física mesmo.” (DREOSSI, 2005).

Geralmente atribui-se ao caráter de urgência e à redução de custos, a baixa qualidade das edificações públicas escolares que freqüentemente são construídas. Também é citada por alguns autores, como Ribeiro (2004), a pouca importância por vezes dada às escolas destinadas às classes populares. Estes são, sem dúvida, fatores que devem ser considerados. No entanto, o fato é que com grande freqüência também, podem ser observadas edificações escolares da rede privada basicamente com os mesmos problemas. Sugerindo assim, que a falta de conscientização representa se não a maior, pelo menos uma das maiores causadoras das precárias condições acústicas em ambientes escolares.

---

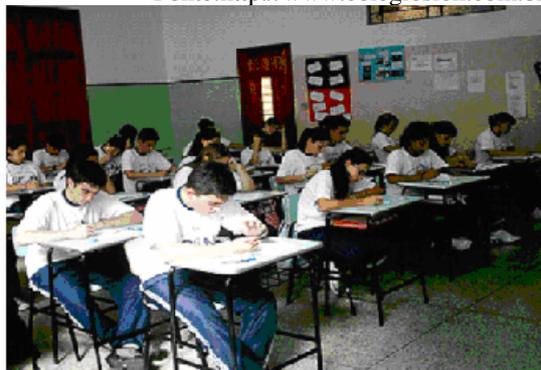
<sup>32</sup> Várias pesquisas tem sido realizadas nesta área e comprova-se que os níveis sonoros alcançados em salas de aula, muito freqüentemente estão acima dos 65 dB. Em escolas de Cuiabá/MT, foram medidos níveis de até 90dB em salas de aula (SECOM, 2002). Na cidade de São Paulo, segundo APRENDIZ (2006), os níveis chegam a 92dB em horário de aula, podendo alcançar 110dB nos intervalos. Já na região metropolitana de Curitiba, recentes medições registraram níveis de ruído de até 88,7 dB em salas de aula vazias, sendo este ruído proveniente dos ambientes próximos (Zwirtes e Zannin, 2006).

Fonte: site da Prefeitura



Escola Padrão - modelo implantado atualmente pela Prefeitura do Rio de Janeiro

Fonte: <http://www.colegiosion.com.br>



Escola da rede privada no Rio de Janeiro

Figura 03: Escolas das redes pública e privada na cidade do Rio de Janeiro

Um passo importante a ser dado é o investimento na adequação das escolas para os padrões do Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora - o Programa Silêncio - que foi criado considerando a necessidade de estabelecer normas, métodos e ações para controlar o ruído excessivo que interfere na saúde e bem estar da população. Instituído pela Resolução CONAMA nº 2, de 08/03/90. O programa, cuja coordenação está a cargo do IBAMA, determina ser de competência dos Estados e Municípios o estabelecimento e implementação dos programas estaduais de educação e controle da poluição sonora.

Em se tratando de construções novas as medidas se tornam muito mais eficazes. A acústica deve ser considerada desde o início do processo de planejamento. “O melhor modo de resolver problemas acústicos é evitá-los e não corrigi-los” (SEEP et al., 2002).

As edificações escolares estão sujeitas aos ruídos gerados internamente e àqueles provenientes do exterior. “[...] sendo a principal fonte o ruído interno. Mesmo as escolas localizadas em áreas muito tranquilas, são apontadas por seus professores como sujeitas aos ruídos provenientes dos pátios, corredores e salas vizinhas, o que demonstra que a falha está na construção” (SANTOS, 1993).

Um estudo cuidadoso de implantação - considerando possibilidades (ou impossibilidades) oferecidas pelo terreno, vizinhança e ventos dominantes - representa fator decisivo ao desempenho acústico da edificação. A setorização, localizando as regiões que necessitam de maior tranquilidade, como salas de aula e biblioteca, devidamente protegidas

daquelas geradoras de maior grau de ruído (sanitários, cantina, etc.) também representa redução bastante significativa de problemas futuros em relação à acústica. Cuidados especiais quanto à localização e isolamento (caso necessário), devem ser dispensados a equipamentos como exaustores e bombas; não evitando, com isso, a necessidade de constante manutenção. A localização da área de lazer é decisiva nesse contexto visto que são raras as escolas com a possibilidade de implantar horário único de recreio. O mesmo se aplica à quadra de esportes pois as atividades esportivas são geradoras de enorme ruído.

Da mesma forma, as fontes externas de ruído podem ter o impacto sobre a edificação minimizado, caso implantação e setorização sejam bem solucionados. Aliado a esse recurso, em se tratando da construção de uma escola em rua movimentada, por exemplo, deve-se ter como premissa o uso de tratamentos acústicos pertinentes. Outro fator que deve ser levado em consideração é que nada impede que uma vizinhança silenciosa no presente se transforme em grande geradora de ruídos no futuro. Por isso os cuidados quanto ao arranjo do complexo escolar são indispensáveis em qualquer situação.

Para nossas escolas, localizadas em região quente como o Rio de Janeiro, onde a climatização é geralmente natural, um desafio inquestionável é a busca pelo equilíbrio entre o conforto higrotérmico e o acústico. Ao serem criadas condições adequadas à ventilação, conseqüentemente abre-se espaço à passagem do ruído. Sendo assim, reforça-se mais uma vez a importância do adequado estudo de implantação e setorização da edificação, da escolha de terrenos que ofereçam esta possibilidade e da utilização racional de materiais acusticamente absorventes em locais críticos como salas de aula, circulações, ginásios esportivos e auditórios já que o ruído terá acesso a estes compartimentos juntamente com a ventilação.

Crítica é a vulnerabilidade das salas de aula aos ruídos provenientes da circulação, visto que se procura instalar janelas altas ou simplesmente vãos de interligação entre estes ambientes de forma a obter ventilação cruzada (figura 04). Para amenizar este problema é importante que o teto da circulação seja tratado com material absorvente (gesso acústico, fibra mineral etc) e que determinados cuidados, ao nível de funcionamento, sejam tomados: trabalho de conscientização junto aos professores, alunos e funcionários sobre a importância de não se reunirem nos corredores e de que este é um lugar onde todos devem

falar baixo, além de evitar que as turmas permaneçam em sala quando não estiverem em aula. Nestes horários os alunos podem assistir a vídeos em sala reservada para isso, praticar esportes na quadra ou estar na área de lazer.

Fonte: Silva, Oliveira e Bittencourt (2004)



Escola da rede pública de Salvador

Fonte: [www.rio.rj.gov.br/sme](http://www.rio.rj.gov.br/sme)



Escola da rede pública do Rio de Janeiro

Figura 04: A acústica nas circulações

Em seu trabalho de avaliação pós-ocupação realizado na Escola Estadual Noêmia Rego em Salvador, Silva et al (2004) investigaram em que locais os alunos costumam ficar quando não estão em aula.

A escola não dispõe de espaço adequado de convívio e lazer dos estudantes, tais como bancos protegidos do sol e da chuva, árvores que permitam sombreamento ou quadra coberta, portanto não há um local adequado de permanência em áreas externas aos pavilhões de aula, dificultando a utilização geral da escola em condições seguras e confortáveis; daí a preferência dos alunos em permanecer no prédio de aula em horário livre, prejudicando aqueles que estão em aula (SILVA et al, 2004).

### **A sala de aula**

Na sala de aula, “toda a energia do sujeito deverá estar voltada para seus estudos, na árdua tarefa de ouvir, reter e aprender, apesar do ruído” Dreossi (2005). No entanto, o que infelizmente se vê com grande frequência é o descompromisso com a inteligibilidade da fala e a construção de salas de aula com baixa qualidade acústica.

Em sala de aula, o aluno fica submetido a dois tipos diferentes de estímulos: o principal, que é a voz do professor e ao qual o aluno deverá direcionar toda a sua atenção; e o secundário, que é o ruído competitivo, que o aluno deverá ser capaz de negligenciar para que a mensagem principal não seja distorcida (DREOSSI, 2005).

Reverberação e ruído de fundo controlam a inteligibilidade da fala em uma sala. De acordo com os níveis que alcancem, reduzem o entendimento e, portanto, o aprendizado. Este é um problema que afeta as escolas em várias partes do mundo e, conforme citam Seep et al (2002), em muitas salas de aula nos Estados Unidos, a inteligibilidade da fala é de 75% ou menos.

O tempo de reverberação, segundo Silva (1968), é o intervalo que os sons emitidos no interior de um recinto permanecem no ambiente, devido às múltiplas reflexões que aí ocorrem. Este tempo depende do volume físico e dos materiais das superfícies do recinto. O tempo ideal de reverberação varia de acordo com o tipo de som em questão. “estudando as salas, verificaremos que os tempos de reverberação mais indicados para a palavra têm valores baixos” (SILVA, 1968).

Quanto ao controle de ruído de fundo, a meta deve ser o atendimento à norma vigente, NBR 10152 - Níveis de ruído para conforto acústico, publicada pela ABNT em 1987, que determina para salas de aula o limite de 40-50 dB.

Pode-se avaliar facilmente a importância deste valor estipulado se fizermos uma estimativa de quão compreensível é a fala em uma sala, através de uma simples comparação: a relação sinal/ruído (S/R). O nível sonoro da voz do professor (em torno de 60 dB, sem esforço), menos o nível de ruído de fundo na sala (os 50 dB aceitos como valor máximo pela norma) é igual a S/R em dB. “Estudos têm mostrado que, em salas de aula que têm relação sinal/ruído menor que +10dB, a inteligibilidade da fala é significativamente degradada para crianças com audição mediana. Crianças com alguma deficiência auditiva precisam no mínimo de +15dB de S/R” (SEEP et al., 2002).

Além dos prejuízos causados aos alunos, observam-se as insatisfatórias condições de trabalho do profissional de educação. Na tentativa de superar os ruídos competitivos, o professor sobrecarrega seu aparelho fonador. Isto caracteriza o que é chamado de “Efeito Lombard”, ou seja, a tendência que o falante tem em manter uma constante relação entre o

nível de sua fala e o ruído competitivo “o que pode, muitas vezes, desencadear alterações de pregas vocais como: edemas, nódulos, fendas, etc.” (DREOSSI, 2005). Outra séria conseqüência causada a este profissional é o estresse:

O estresse em longo prazo pode provocar reações crônicas no indivíduo. O desgaste, o esgotamento, a ruptura total dos limites, referem-se a reações do estresse crônico que exigem urgentemente a intervenção terapêutica de profissional de saúde... as condições acústicas do espaço físico contribuem, e muito, para esta situação de estresse, e esta é uma realidade tanto no ensino público quanto no privado (OITICICA e GOMES, 2004).

Ainda é necessário citar que a falta de funcionalidade é extremamente prejudicial ao desempenho acústico dos ambientes escolares. A questão tem sido pouco estudada no âmbito nacional e, na prática, existe a predominância do arranjo tradicional de mobiliário e do uso de equipamento pouco diversificado, principalmente na rede pública de ensino. Em alguns estudos, a disponibilidade de área por aluno tem sido apresentada como índice de funcionalidade. Este índice, no entanto, não é analisado em relação à satisfação do usuário ou a critérios como o desempenho escolar (ORNSTEIN e BORELLI, 1995). Arranjos e mobiliário diferenciados, assim como número reduzido de alunos, podem influenciar enormemente em questões diretamente ligadas não somente à qualidade acústica mas ao conforto ambiental como um todo e conseqüentemente à criação de condições propícias ao pleno desempenho de professores e alunos em uma sala de aula.

#### **2.5.2.4. Qualidade do Ar**

A qualidade do ar de interiores (QAI) tornou-se importante tema de pesquisa na área de saúde pública a partir das últimas décadas<sup>33</sup>, devido ao grande aumento de queixas relacionadas ao ar respirado em ambientes fechados, principalmente em países de clima frio e em edifícios climatizados artificialmente. As queixas geraram estudos que foram conduzidos em diferentes países e períodos, indicando que baixas taxas de trocas de ar ocasionam um aumento considerável na concentração de poluentes químicos e biológicos no ar ambiente. De acordo com a *EPA – Environmental Protection Agency* (EUA), a

---

<sup>33</sup> Os trabalhos pioneiros no Brasil foram iniciados em 1992, através de uma colaboração entre o Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (LADETEC) do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro e o Laboratório de Aerossóis e Gases Atmosféricos (LAGA) pertencente ao Instituto de Química da Universidade de São Paulo e que encerrou suas atividades em 1995 (GIODA e AQUINO NETO, 2003).

concentração de poluentes no interior dos edifícios pode ser de 2 a 5 vezes mais alta que os níveis externos. Esta nova área de estudo reúne profissionais de diferentes disciplinas, principalmente químicos, microbiologistas, engenheiros, arquitetos e toxicologistas (BRICKUS e AQUINO NETO, 1999).

Os mesmos autores destacam ainda que o movimento mundial de conservação de energia, desencadeado na década de 70, contribuiu de forma efetiva para a instalação do problema. Com o intuito de obter uma melhor eficiência nos aparelhos de refrigeração e aquecimento e, com isso, minimizar o consumo de energia, os prédios (principalmente em países desenvolvidos localizados em clima frio) a partir daquela década, foram construídos visando a uma vedação térmica mais eficiente, surgindo os chamados prédios selados.

Paralelamente, houve um grande aumento na diversidade de produtos de forração, acabamento e mobiliário disponíveis no mercado consumidor. Estes materiais, na maioria dos casos, foram desenvolvidos sem que houvesse uma preocupação com suas emissões e podem conter uma grande quantidade de substâncias químicas passíveis de serem dispersas no ar. Atualmente, sabe-se que uma das causas da deterioração da qualidade do ar de interiores é a emissão de substâncias químicas, principalmente de compostos orgânicos voláteis (COV)<sup>34</sup>, presentes na composição de materiais de construção, limpeza e mobiliário (KIRCHNER e KARPE, 1996; WALLANCE et al, 1987 apud BRICKUS e AQUINO NETO, 1999).

Sabe-se que a emissão de COV constitui uma séria fonte de poluição, agindo negativamente não apenas no ambiente interno, mas também no externo. Os hidrocarbonetos (COV), em combinação com os óxidos de nitrogênio, a radiação UV presente na luz solar e o calor, reagem entre si formando compostos oxidantes, como o ozônio troposférico<sup>35</sup>, que é considerado pela EPA um dos principais integrantes da névoa fotoquímica urbana, conhecida popularmente por “smog”, que tem efeitos prejudiciais à

---

<sup>34</sup> A norma ASTM D 3960-98 "Standard practice for determining volatile organic compound" define o COV como sendo qualquer substância orgânica que participa de reações fotoquímicas na atmosfera com exceção de monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido carbônico, carbetos e carbonatos metálicos (UEMOTO e AGOPYAN, 2006).

<sup>35</sup> De acordo com sua ocorrência, o ozônio produz efeitos positivos ou negativos. Na estratosfera, de 16 km a 48 km da superfície terrestre, forma uma camada protetora contra a ação da radiação ultravioleta do sol (UV-b), prejudicial ao ser humano e a outros seres vivos. Esta camada está sendo destruída pela ação de agentes químicos produzidos pelo homem, como os fluorclorocarbonos (CFCs), usados em refrigeradores, condicionadores de ar e sprays, bem como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (TAVARES, 1995 apud Uemoto et al 2006). O ozônio presente na troposfera, ao nível do solo, é aquele produzido fotoquimicamente pela ação da radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e COV, reconhecidamente prejudicial à saúde dos seres vivos e ao meio ambiente.

saúde, principalmente para a população que faz parte de grupos vulneráveis a esse agente. A composição química do solvente influi nos níveis de reatividade química, produzindo diferentes teores de ozônio. A radiação solar e o calor também influem na formação do ozônio; assim, essa substância se forma principalmente no verão, quando há muito sol e calor (UEMOTO et al, 2006).

Os sintomas relacionados à baixa qualidade do ar interno são conhecidos como “Síndrome do Edifício Doente” (SED), reconhecida pela Organização Mundial de Saúde desde o início da década de 80. Para a EPA, a principal causa deste mal é uma combinação de vários fatores tais como ventilação inadequada, poluentes do ar interior e do ar exterior e contaminantes biológicos, combinados a umidade, temperatura e iluminação inadequadas, entre outros<sup>36</sup>.

Os problemas causados pela baixa qualidade do ar interior podem ainda ser subdivididos em categorias mais restritas, conforme descreve o *Sustainable Building Technical Manual* (1996):

- Síndrome do Edifício Doente (*Sick-Building Syndrome*), os sintomas mais comuns são angina, fadiga, letargia, vertigem, falta de concentração, irritação respiratória e nas membranas dos olhos, dores de cabeça, congestão no seio nasal, ressecamento da pele, resfriados e vários tipos de sintomas alérgicos. Podem ser percebidos um ou mais sintomas, que geralmente desaparecem quando a pessoa permanece por um longo tempo fora desse ambiente.
- Doença do Ambiente Interno (*Building-Related Illness*), são clinicamente comprovadas doenças que podem ser atribuídas a contaminações decorrentes de específicas fontes ou poluentes no interior de um edifício. Como exemplo, pode ser citado o câncer.
- Sensibilidade Química Múltipla (*Multiple Chemical Sensitivity*), é uma condição na qual um determinado indivíduo é sensível a um número específico de substâncias químicas que, apesar de estarem em concentrações muito baixas, através de efeito sinérgico, causam sintomas clínicos em seres humanos (BRICKUS e AQUINO NETO, 1999). Existem muitas controvérsias relacionadas ao assunto, sendo necessárias mais pesquisas para que se compreenda completamente esta complexa enfermidade.

---

<sup>36</sup> Fonte: EPA, <http://www.epa.gov>. Acesso em nov. 2006.

## **Poluentes Aéreos<sup>37</sup>**

As próprias pessoas e suas respectivas atividades ocupacionais representam um dos maiores fatores de contribuição à poluição do ar em ambientes fechados. Não apenas pela liberação do CO<sub>2</sub> através da respiração, ou de substâncias químicas pela transpiração, mas também pelo transporte de microorganismos (bactérias, fungos, vírus e ácaros). Além disso, o hábito de fumar<sup>38</sup> somado ao desempenho de funções, como pintar, cozinhar e limpar, contribuem para a dinâmica de poluição do ar interno.

Fontes típicas de poluição interna incluem materiais de construção, acabamento e mobiliário. Itens como carpetes, móveis, roupas e tapetes não somente liberam fibras, formaldeído e outras substâncias químicas, como também fornecem ambiente propício para a proliferação de agentes biológicos, tais como bactérias, fungos e ácaros. Simples processos de limpeza, como varrer, aspirar e espanar a poeira, normalmente removem as partículas grandes. Entretanto, freqüentemente aumentam, por ressuspensão, a concentração de partículas pequenas no ar (BRICKUS e AQUINO NETO, 1999).

O **Anexo 1** mostra as fontes típicas de poluição do ar em ambientes internos.

## **QAI na Edificação Escolar**

A promoção da QAI é de extrema importância em qualquer edificação por estar diretamente ligada à manutenção de saúde e bem estar de seus ocupantes. Em se tratando de ambientes destinados a abrigar crianças, este aspecto se torna ainda mais crítico em face da vulnerabilidade destes usuários. Por outro lado, as atividades inerentes a uma instituição escolar exigem a convivência com uma variedade de materiais e condições que podem dificultar a manutenção dessa qualidade. Melhores condições na QAI contribuem para uma maior percepção de conforto, saúde e bem-estar em toda a instituição, favorecendo à criação de um ambiente propício à aprendizagem das crianças e à maior produtividade dos educadores e dos demais profissionais envolvidos. Já a falta de qualidade pode causar impactos negativos no desempenho dos usuários; potencializar ou gerar problemas de saúde

---

<sup>37</sup> Na falta de normatização sobre a nomenclatura ambiental, em especial a de interiores, é necessário esclarecer que a expressão "poluentes aéreos" se refere, neste trabalho, àqueles relacionados à qualidade do ar interno; tratando-se como "poluentes atmosféricos" os poluentes externos de uma forma geral.

<sup>38</sup> É imprescindível que se faça valer a lei federal 9.294/96 que proíbe o fumo em ambientes fechados privados ou públicos.

a curto ou a longo prazo; aumentar o número de faltas; acelerar a deterioração e reduzir a eficiência das instalações físicas da instituição. O CHPS (2006, v.1, p. 34) destaca que, em função da variada gama de fontes poluentes e dos altos custos das ações corretivas, o foco deve ser a *prevenção*.

De acordo com o *Innovative Design*, uma pesquisa realizada em escolas públicas americanas mostrou que em 1995 existiam mais de 8 milhões de estudantes apresentando sintomas relacionados à má qualidade do ar interior. No Brasil, certamente estes números não são tão alarmantes devido ao clima e às práticas construtivas que geram edificações com um grau muito menor de estanqueidade. Ainda assim, deve-se garantir a ventilação higiênica não apenas em ambientes condicionados mas também onde se pratica a ventilação natural, onde em dias frios, os usuários podem, equivocadamente, optar por fechar completamente as esquadrias.

Garantir ao menos esta ventilação higiênica ainda não é suficiente. Devem-se adotar estratégias complementares, visando ao controle de poluentes internos, relativas a escolha de materiais, manutenção e limpeza.

A chave da questão pertinente aos problemas de qualidade do ar em escolas é que as crianças são muito mais vulneráveis que os adultos a contaminantes e agressões ambientais. Isto em função do tamanho, frequência respiratória e taxas metabólicas, que são significativamente maiores que em adultos. Crianças respiram e metabolizam maiores doses de toxinas que adultos em um mesmo ambiente. Porque seus corpos estão ativamente em crescimento, eles absorvem e retêm mais dessas toxinas. Seus mecanismos de defesa são menos efetivos na prevenção aos contaminantes e organismos infecciosos que procuram entrar em seus corpos e seus sistemas imunológicos possuem menor habilidade para resistir a estes agentes após a entrada (CHPS, 2006, v.1, p.34).

Adicionalmente, um número crescente de estudantes e professores está chegando às salas de aula já com seus sistemas respiratórios altamente sensibilizados pela exposição a outros ambientes contaminados. Podem-se destacar as residências de baixa renda que muitas vezes possuem baixíssimos níveis de ventilação, insolação e qualidade construtiva, somados à rara ocorrência de manutenção - onde a umidade é presença constante.

A proteção do interior da edificação contra umidade é essencial. Neste sentido, não só o projeto de arquitetura deve ser esmerado, como também as ações referentes a prevenção e manutenção. Sinais de umidade, rachaduras, odores não usuais ou mudança de cores nos tetos, paredes e pisos podem indicar sérios problemas futuros. A invasão da umidade tem que ser eliminada imediatamente para prevenir a instalação de poluentes biológicos. Toda a literatura consultada acerca de QAI em ambientes escolares é unânime em valorizar a questão e em recomendar cuidados redobrados em se tratando destas edificações.

### **Recomendações**

De acordo com os guias de referência *Indoor Air Quality Reference Guide – Tools for Schools - EPA (2005)* e *Indoor Air Quality - Tools for Schools Action Kit for Canadian Schools (2003)*, as recomendações para que uma escola obtenha qualidade superior do ar interno se estrutura em seis métodos básicos: controle das fontes de poluição, exaustão local, ventilação, controle de exposição, limpeza do ar e educação.

O controle das fontes de poluição, no que compete à seleção dos materiais de construção e acabamento, será examinado no item 3.4.

### **2.5.3. Parâmetros Programático-funcionais e Estético-compositivos**

Os parâmetros programático-funcionais devem ser observados na concepção da edificação, vislumbrando o desempenho esperado para estes ambientes e sua funcionalidade, tendo em vista as atividades a que se destinam. São eles: organização espacial e dimensionamento dos conjuntos funcionais, acessos, percursos, segurança e adequação ergonômica do mobiliário (GAE, 2004).

Os aspectos estético-compositivos dizem respeito à imagem e aparência. Deverão estimular os sentidos e a curiosidade dos usuários. Têm relação com o caráter subjetivo da arquitetura do edifício e das características tipológicas que podem transmitir diferentes mensagens e significados, traduzindo-se em sensações diferenciadas que garantem o prazer de estar neste ambiente. Nessa vertente estão incluídas a diversidade de cores, texturas e

padrões das superfícies, o padrão construtivo, as formas, as proporções, os símbolos e os princípios compositivos (GAE,2004).

Esse é um extenso conjunto de parâmetros cujas ligações com a sustentabilidade se fazem de forma mais sutil. É evidente que a adequação ao uso assim como questões relacionadas à imagem da edificação estão inseridas na visão global de edificação sustentável. No entanto, em busca de um recorte viável para a presente pesquisa, serão citados aqui apenas alguns tópicos mais diretamente vinculados às metas propostas anteriormente. Entende-se que o aprofundamento nas questões programático-funcionais e estético-compositivas da edificação escolar representa vasto campo de estudos que, inclusive, vem recebendo valiosas contribuições de pesquisadores diversos.

A escola governamental é um dos equipamentos públicos mais abertos e interativos com o cotidiano da comunidade. Esta conexão deve ser continuamente trabalhada desde a fase de projeto, considerando-se o contexto em que a instituição estará inserida, inclusive com a valorização dos aspectos históricos. Um excelente recurso é incorporar à construção, como pontos de destaque arquitetônico, elementos de projeto tradicionais da região e materiais locais.

No que se refere à forma, o BRASIL/MEC (2002) defende a idéia de que soluções monumentais devem ser evitadas. Segundo ele, a forma ideal do prédio escolar é aquela que atende às características de cada região climática, criando condições para o conforto físico dos usuários, adaptando-se à topografia e integrando o ambiente escolar com a paisagem local.

Ainda que integrada, é importante que a edificação escolar se diferencie de algum modo do contexto urbano, “..destacando-se e revelando sua importância e significado enquanto edificação destinada à educação, com imagem reconhecida e compartilhada pela comunidade (castelos d’água e totens de identificação imprimem uma marca à instituição, acentuando seu caráter)” (GAE, 2004).

#### **2.5.3.1. Organização espacial**

A organização espacial da edificação escolar vai depender da análise de sua estrutura funcional, considerando seus ambientes, as diferentes atividades que abrigam,

suas principais relações e requisitos espaciais. Segundo Azevedo (2002, p.15), “a diversidade e a complexidade das atividades escolares exige a setorização desses ambientes em conjuntos funcionais, que se dividem comumente em: conjunto pedagógico, conjunto vivência-assistência, conjunto administrativo/apoio técnico-pedagógico e conjunto serviços”. Ambientes próximos bem localizados, ordenados e que estimulem a convivência, promovem situações prazerosas e seguras, bem como valorizam a interação pretendida (GAE, 2004). Esta setorização ainda representa importante recurso utilizado para a obtenção de conforto acústico.

A coleta seletiva de resíduos deve ser incentivada e viabilizada pelo projeto de arquitetura, através da criação de área destinada a estoque de resíduos recicláveis (ao menos papel, vidro, plástico, metais e baterias).

A disposição dos ambientes deve enfatizar o caráter lúdico educativo da instituição – independentemente da faixa etária atendida – “oferecendo espaços de recreação, de convivência [...] e áreas mais reservadas, que assegurem a necessidade de concentração individual, de descanso, ou mesmo o desejo de estar sozinho” (AZEVEDO, 2002 p.15). A riqueza de possibilidades oferecida por uma organização espacial não só funcional, mas também criativa, deve ser buscada mesmo em edificações destinadas a faixas etárias mais avançadas, atentando-se, logicamente, para as especificidades de cada grupo.

Sendo um importante equipamento comunitário, a escola deve compartilhar oportunidades, facilidades, serviços e espaços com os moradores locais. O projeto da edificação deve apoiar esta visão, através da organização espacial, de forma a facilitar a interação sem prejudicar a rotina da instituição ou por em risco sua segurança.

### **2.5.3.2. Áreas Externas**

O espaço externo deve ser amplamente valorizado e utilizado, pelas oportunidades que oferece:

- incentivo à convivência – deve ser utilizado para atividades de recreação, exercícios físicos e prática de esportes, essenciais para a interação social, pois tais atividades estimulam a cooperação e o espírito de grupo (AZEVEDO, 2002).
- convívio com a natureza – deve ser amplamente utilizado para aulas de todo tipo, pois disponibiliza valiosos recursos de aprendizado e promove a intimidade

dos alunos com a natureza. Movimentos de preservação do meio ambiente podem ser apoiados pela escola ou mesmo surgirem ali. Plantio e manutenção de hortas e jardins com a participação de alunos (inclusive com uso de fertilizantes orgânicos) são lições constantes de educação ambiental.

A vegetação natural deve ser preservada ao máximo e considerada, juntamente com aquela a ser plantada, como recurso para amenização do clima, interceptando a luz solar e os ventos indesejáveis; sendo que a já estabelecida está em prontas condições de desempenhar esta função. Áreas de *habitat* natural devem ser protegidas e integradas ao novo paisagismo, composto também por plantas nativas.

### **2.5.3.3. Acessos e Percursos**

É necessário que a escola tenha fácil e seguro acesso de pedestres além de utilizar o transporte público. “Considerar as distâncias percorridas pelas crianças, os possíveis obstáculos a serem transpostos, dificuldades e facilidades de acesso até a instituição; condições do tráfego (vias locais são mais indicadas [...]) e as atividades vizinhas[...] verificando sempre a segurança da população a ser atendida” (BRASIL/MEC, 2006, p.23). As pavimentações externas devem ser conectadas a caminhos, passeios e ciclovias arborizados e bem iluminados que conduzam às áreas residenciais nas imediações.

Dessa forma, é indicado que o equipamento escolar seja centralizado em relação à população que dele fará uso. De acordo com o NBPM-BHPS (2002), pais e escolas gastam tempo, energia e dinheiro em excesso transportando estudantes. Além disto, existe a significativa parcela de poluição causada por estes veículos. Os estudantes devem ser encorajados a caminhar ou pedalar até a escola.

O GAE (2004) recomenda que o espaço de chegada à unidade educacional seja valorizado por representar uma transição entre o ambiente exterior e os ambientes da escola propriamente ditos. O tratamento dessa área vai incluir paisagismo, proteção contra intempéries e comunicação visual adequada. Esse espaço deve ser tratado de maneira a estabelecer uma espécie de “boas-vindas” aos que chegam à instituição; para SANOFF & SANOFF (1981, apud GAE, 2004), a visualização das áreas convidativas tende a promover um melhor relacionamento usuário-ambiente, facilitando a chegada e a adaptação das novas crianças. A existência deste espaço, acolhedor e convidativo logo na entrada, pode

estabelecer um “ponto de encontro” — um ambiente de convivência, capaz de congrega pais, crianças e professores.

Para a delimitação do terreno institucional, buscar soluções intermediárias de fechamento, que admita certa transparência e permeabilidade à visualização exterior-interior e vice-versa, permitindo uma integração com o tecido urbano circundante. As soluções adotadas para as entradas e limites devem, ao mesmo tempo, “convidar” à participação dos espaços internos e instituir proteção face à violência urbana (GAE, 2004).

#### **2.5.4. Parâmetros Técnico-construtivos**

Deve-se tirar partido das possibilidades oferecidas pelos avanços tecnológicos de forma a se obter eficiência no uso de recursos, qualidade e versatilidade da construção.

##### **2.5.4.1. Uso Eficiente de Recursos**

O envelope do edifício (paredes, cobertura, piso e esquadrias) para uma escola com alto desempenho deve aumentar a eficiência energética sem comprometer durabilidade, facilidade de manutenção e confortos térmico, acústico e visual. Um envelope com eficiência energética é aquele que integra e otimiza controle de umidade, níveis de isolamento e/ou ventilação (dependendo da existência de climatização ou não), vidro, sombreamento, inércia térmica e superfícies externas com cores claras. Esta eficiência vai reduzir o custo de operação e proteger o meio ambiente.

Buscando tornar as edificações mais eficientes energeticamente, podem-se destacar as seguintes medidas tomadas pela Prefeitura do Rio de Janeiro:

- a determinação de que seja obrigatória a adoção do Caderno de Encargos para Eficiência Energética em Prédios Públicos por todos os Órgãos da Administração Direta e Indireta, através do decreto nº 21806 de 26 de julho de 2002, seguida da elaboração de uma Edição Clarificada deste documento por considerar o original pouco particularizado em relação ao seu objetivo específico: os prédios públicos da cidade. A Edição Clarificada passou a vigorar a partir do decreto nº 22171 de 23 de outubro de 2002.
- a criação do *Selo Verde* para edificações que “destaca aquelas que focalizando a eficiência energética, investirem com este objetivo produzindo resultados considerados extraordinários em relação ao padrão normal de edificações”. Decreto nº 27990 de 25 de maio de 2007.

A busca pela eficiência energética na edificação envolve uma diversidade de fatores além do financeiro, passando pelo consumo de recursos naturais, geração de poluição e prejuízo ao clima terrestre. Conforme pode ser observado na Tabela 02, em comparação à estrutura mundial, nota-se que a hidroeletricidade no Brasil tem peso bem mais significativo, o que é altamente positivo. Ainda assim, deve-se promover a racionalização do consumo de energia, combatendo o desperdício de forma a reduzir os custos e os investimentos setoriais.

**Quadro 02:** Estrutura da Oferta de Energia Elétrica Segundo a Fonte de Geração

Brasil 2006 (%)		Mundo 2006 (%)	
Centrais Hidroelétricas	74,1%	Centrais a Carvão Mineral	40,3%
Centrais Termoelétricas	12,3%	Centrais a Gás Natural	19,7%
Importação Líquida	8,9%	Centrais Hidroelétricas	16,0
Centrais de Fonte Nuclear	3,0%	Centrais de Fonte Nuclear	15,2%
Pequenas Centrais Hidroelétricas	1,7	Centrais a Derivados de Petróleo	6,6%
		Outras	2,2%

Fonte: BRASIL/MME,2007 - Balanço Energético Nacional 2007 (ano base 2006) p.15.

O uso eficiente de recursos ainda envolve racionalização e padronização da construção (evitando perdas); durabilidade, adequação ao uso, versatilidade e mobilidade (aumentando a vida útil da construção); e uma série de outras questões técnicas indicadas a seguir.

**Quadro 03 –** Recomendações Quanto a Algumas Questões Técnicas

Especialidade	Recomendações
Gestão de Água	Deve ser feita a captação da água de chuva, assim como o reaproveitamento do esgoto secundário, para alimentação de bacias sanitárias e irrigação. As estratégias utilizadas para captação devem ficar evidentes aos alunos (ambos: a captação no telhado e o armazenamento). Deve ser especificada vegetação nativa de forma a minimizar a necessidade de irrigação. É importante o uso de metais econômicos (válvulas, torneiras e misturadores)
Sistemas de Ventilação Mecânica	Na avaliação das opções, deve-se considerar além do custo inicial do equipamento, a previsão dos gastos com manutenção e com a operação. É muito útil a utilização de programas de simulação para a análise. Não se deve superdimensionar equipamentos de arrefecimento. Deve-se oferecer sempre a possibilidade de abertura de janelas suficientes para ventilar o ambiente adequadamente em dias de temperaturas mais amenas ou em caso de pane no equipamento (instalação de janelas móveis). É de interesse que parte dos sistemas mecânicos estejam expostos, para esclarecer os alunos quanto ao funcionamento.

Iluminação Artificial e Sistemas Elétricos	Utilização de lâmpadas de alto desempenho e de longa duração. Compatibilização do sistema elétrico com o aproveitamento da luz natural: ambientes amplos devem possuir circuitos independentes em áreas próximas e distantes das janelas. Um excelente recurso é a utilização de fotocélula para este controle. Outra estratégia para economia de energia é a instalação de sensores de presença. O projeto de instalações não deve ser padronizado e sim projetado para cada espaço. Não se deve iluminar excessivamente, mas projetar para níveis ótimos. O emprego de iluminação fotovoltaica é indicado em áreas externas (pontos de luz isolados), sinalização e iluminação de emergência. A iluminação externa também deve ser controlada por fotocélula. Deve ser implementado esquema de manutenção regular.
Sistemas de Energia Renovável	A utilização de energia renovável deve ser considerada como alta prioridade no empreendimento, desde a maximização do aproveitamento da luz natural até a utilização de energia solar, eólica e fotovoltaica. O sistema fotovoltaico é um método econômico de alimentar áreas distantes como passeios, estacionamentos, sinalização, etc. Este sistema deve estar conectado ao laboratório de ciências, de forma a auxiliar na educação dos estudantes acerca dos conceitos de energia solar e da conversão da energia solar em eletricidade. Os sistemas de energia renovável devem ser de fácil visibilidade para todos. Em climas de ameno a frio, devem-se considerar estratégias de aquecimento passivo em conjunto com o aproveitamento da luz natural. Pela grande quantidade de água quente necessária para banho e cozinha, considerar sistema solar de aquecimento de água. Para reduzir custos e não prejudicar a estética, integrar o sistema de aquecimento solar e o fotovoltaico na montagem da cobertura da edificação. Em áreas propícias, considerar o sistema eólico para geração de eletricidade.
Gestão de Rejeitos	A escola deve implantar o sistema de coleta seletiva de resíduos: distribuindo recipientes de coleta em locais estratégicos e criando área destinada a estoque (no projeto de arquitetura).
Transporte	Trabalhar em conjunto com os agentes e departamentos de planejamento locais de forma a criar acesso fácil e seguro ao transporte público e para pedestres. Elaborar uma implantação “amiga do pedestre”: com calçadas de fácil acesso à comunidade e ciclovia, reduzindo a utilização de ônibus e carros. Localizar estrategicamente o estacionamento de bicicletas de forma a incentivar os estudantes a utilizá-las.

Elaboração própria baseada no Innovative Design

#### 2.5.4.2. Materiais de Construção e Acabamento

O CHPS (2006, v.2) recomenda que para a obtenção de uma escola com alto desempenho, os materiais devem ser selecionados considerando-se uma série de características além das tradicionalmente avaliadas (como desempenho, custo, disponibilidade e estética). Os arquitetos devem procurar por *materiais ambientalmente preferenciais*, que sejam:

- **duráveis** – ofereçam vida longa, se comparados a outras opções da categoria;
- **salubres** – não introduzam emissões tóxicas ou poluentes na edificação;
- **produzidos com material reciclado** – sejam manufaturados com a utilização de resíduos sólidos recuperados, tanto durante o processo de manufatura (pré-consumo) quanto após o consumo (pós-consumo);
- **recicláveis** – possam ser coletados, separados ou recuperados de resíduos sólidos para reuso em manufatura ou montagem de outro produto;
- **reutilizados** – tenham sido reaproveitados e utilizados com propósito similar, não processados ou remanufaturados para outro uso;
- **reutilizáveis** – possam ser reaproveitados e utilizados com propósito similar, não processados ou remanufaturados para outro uso;
- **produzidos responsavelmente** – extraídos, cultivados ou manufaturados de uma forma ambientalmente amigável (inclui produtos de madeira certificada);
- **ambientalmente benignos** – introduzam nenhuma ou pouca quantidade de poluentes ao ecossistema natural (inclui proteção à camada de ozônio e materiais atóxicos);
- **de baixo conteúdo energético** – não requeiram significante quantidade de energia para serem produzidos ou transportados (inclui localização da manufatura e da extração dentre as opções de produtos pertencentes a uma mesma categoria);
- **produzidos com matéria-prima rapidamente renovável** – sejam manufaturados com a utilização de matérias-primas cultiváveis que possam ser repostas em espaço de tempo relativamente curto;
- **produzidos com subprodutos industriais** – sejam resultantes de processos industriais;
- **comercializados de forma ambientalmente responsável** – produtos que estejam disponíveis com utilização mínima de embalagem e que estas sejam recicláveis ou reutilizáveis;
- **preferencialmente produzido a no máximo 800 km de distância.**

O manual destaca ainda que para que a denominação “alto desempenho” faça sentido, é importante assegurar que um número significativo de materiais utilizados possua um ou mais dos atributos acima. Isto requer pesquisa e documentação. Em alguns países, como EUA, muitas fontes de informações estão disponíveis para auxiliar neste processo. Já no Brasil, as pesquisas no setor estão começando agora a ganhar força e a coleta de dados ainda é bastante difícil.

Com base nestes critérios, considerados referenciais para os citados órgãos governamentais americanos, quando da seleção de materiais para as escolas públicas locais; e considerando que os mesmos podem nos servir de referência, contanto que transpostos para nossa realidade; o próximo capítulo é dedicado ao exame de uma série de características desejáveis aos materiais de construção e acabamento utilizados em escolas públicas de ensino fundamental na cidade do Rio de Janeiro, se estas forem projetadas à luz da sustentabilidade, considerando principalmente sua dimensão ambiental.

### **CAPÍTULO 3 – A Problemática da Seleção dos Materiais de Construção e Acabamento para Escolas**

Tendo o capítulo anterior apresentado uma série de critérios adotados pelo CHPS (2006, v.2) na seleção de materiais para escolas californianas, considera-se que os mesmos podem nos servir de referência, contanto que transpostos para nossa realidade. Sendo assim, aqui serão examinadas várias características desejáveis aos materiais de construção e acabamento utilizados em escolas públicas de ensino fundamental na cidade do Rio de Janeiro, se estas forem projetadas à luz da sustentabilidade, considerando principalmente sua dimensão ambiental. Apesar do enfoque, em busca de apreender a amplitude de cada uma das questões abordadas, acabou-se, muitas vezes, por examiná-las de forma mais abrangente.

O conceito de ciclo de vida se faz presente todo o tempo, pelo entendimento de que não há como selecionar adequadamente um material, se não for através da busca pelo conhecimento de seu desempenho e dos impactos por ele causado em todas as fases de sua vida.

Na seleção dos materiais para escolas, existem algumas características que, na prática corrente, geralmente são avaliadas: adequação ao uso; facilidade de reposição, manutenção e limpeza; segurança; beleza; diversidade de cores, texturas e padrões. Cabe destacar a importância destas questões. No entanto, em função do dimensionamento da presente pesquisa, e por considerar que estas características representam parâmetros já estabelecidos, elas aqui *não serão abordada*, optando-se por dar enfoque aos critérios mais recentemente valorizados, a partir do conceito de sustentabilidade.

No que se refere a custos, é de extrema importância que as decisões de projeto considerem o Custo do Ciclo de Vida (CCV) da edificação, isto é, que seja computado não apenas o custo da construção, mas também aqueles relativos a operação e manutenção. É essencial o compromisso com a formação de um estoque de construções de qualidade, não apenas em nossa cidade, mas em todo o país. Sob pena, conforme alertam John e Sato (2006, p.22), de estarmos condenados a uma reconstrução permanente, com enormes custos econômicos, sociais e ambientais.

O arquiteto deve buscar opções de materiais que minimizem os impactos negativos e maximizem os positivos, causados tanto aos usuários quanto ao meio ambiente e à sociedade. Esta não é uma tarefa fácil e certamente não serão encontrados materiais que atendam a todos os requisitos. O importante é a escolha consciente, satisfazendo o maior número de condições possível e, principalmente, *sabendo priorizar as características que sejam fundamentais a cada projeto.*

Sendo assim, aqui serão examinados os seguintes tópicos:

1. Desempenho Térmico
2. Desempenho Visual
3. Desempenho Acústico
4. Promoção da Qualidade do Ar
5. Durabilidade
6. Otimização do Consumo de Recursos Naturais
7. Reutilização
8. Reciclagem
9. Conteúdo Energético
10. Proteção ao Meio Ambiente
11. Disponibilidade de Recursos
12. Regionalidade
13. Responsabilidade Social dos Fabricantes

### **3.1. Desempenho Térmico**

Considerando o que foi discutido no capítulo anterior, para que se obtenha o conforto térmico em edificações no clima tropical-úmido, sem o recurso de meios artificiais, a ventilação natural é fundamental. Mas como há limites para que isto seja possível, deve ser primordialmente dada uma grande importância ao envelope da edificação, na sua proteção contra os raios solares incidentes ou na sua filtragem.

Dessa forma, o primeiro objetivo do projeto arquitetônico é a proteção contra a radiação solar. Esta proteção deve controlar duas situações distintas: a energia solar que entra pelas aberturas de modo geral e a parcela solar que é absorvida pelo envelope da edificação. Sendo que, esta absorção solar e conversão em energia térmica está ligada

intimamente às características construtivas do envelope e às características termofísicas dos materiais utilizados.

O comportamento dos materiais em termos de sua conversão solar em energia térmica e dos fenômenos térmicos a partir daí associados, está ligado à algumas de suas propriedades físicas e de transporte de energia.

### **Interação entre a Radiação Solar e as Superfícies**

Todos os corpos (elementos de construção, equipamentos, pessoas, etc.) emitem calor na forma de radiação infravermelha. Os corpos luminosos (o Sol, lâmpadas, materiais em combustão, etc.) emitem radiação tanto no espectro da luz visível como nas faixas infravermelha e ultravioleta.

Quando a radiação eletromagnética provinda do Sol atinge uma superfície semitransparente ou translúcida, como um vidro, uma parte consegue atravessá-la, outra é absorvida e outra refletida. Se a superfície for opaca, como uma parede, a parte transmitida é nula, e a radiação se reflete ou é absorvida. O quanto dessa radiação é absorvido, transformado em calor e novamente emitido, tem relação direta com as propriedades da superfície.

A absorção da energia solar está ligada à propriedade radiativa, absorvidade solar, que depende das características superficiais (cor, rugosidade) do material e do estado da superfície (nova, envelhecida). Os materiais semi-transparentes e opacos absorvem em menor e maior grau respectivamente, a energia solar.

Para materiais semitransparentes e translúcidos é interveniente no processo a propriedade material da transmitância

A energia térmica retida pelo material está ligada ao calor específico do material.

A emissão da radiação infravermelha pelos materiais é ditada pela propriedade emissividade.

Considerando a transmissão de energia térmica por condução ao longo do material ou de sua espessura, convém serem descritos os seguintes fenômenos associados:

### **Atenuação Térmica**

Ao alcançar a superfície externa das envolventes da edificação, a radiação solar é convertida em calor e, por condução, alcança a superfície interna destas envolventes. O controle deste comportamento está ligado à condutividade térmica, uma propriedade física do material. Materiais isolantes térmicos têm pequenos valores para a condutividade térmica, enquanto os materiais condutores têm altos valores. Uma maior atenuação térmica é conseguida pelo uso de matérias isolantes associados às superfícies de cobertura.

### **Inércia Térmica**

Quando um elemento de vedação é submetido, na face externa, a uma variação de temperatura em regime periódico, apresenta na face interna variação de temperatura com mesma configuração, porém com menor amplitude (diferença entre temperaturas máxima e mínima) e com um atraso com relação à evolução da temperatura externa. Este último comportamento é denominado de inércia térmica, que está ligada à propriedade física do meio material denominada de difusividade térmica.

A promoção do conforto térmico em climas tropicais, deve ser procurada através da conjugação possível da ventilação noturna com a inércia térmica dos materiais da edificação.

O uso indiscriminado de áreas envidraçadas pode causar nas edificações tropicais um ganho excessivo de carga térmica decorrente da incidência solar. Esta questão gerou o desenvolvimento de novas tecnologias para materiais semi-transparentes e translúcidos (como vidros, policarbonatos, etc) que, basicamente, buscam : alta transmissão luminosa e pequena emissão térmica para o ambiente interior. Dessa forma, para a seleção destes materiais é indispensável que um pequeno *fator solar* seja selecionado, sendo este representado pela soma da parcela de radiação visível transmitida pelo vidro, com a energia infravermelha por ele emitida para o ambiente interior da edificação.

O recurso da utilização de filmes metalizados com alta emissividade infravermelha na parte inferior das coberturas também tem um efeito atenuador para a carga térmica que está sendo conduzida para o ático através da cobertura.

### **3.2. Desempenho Visual**

Os materiais de construção e especialmente os de acabamento exercem forte influência na percepção do espaço construído. Suas cores e texturas atuam diretamente tanto na distribuição da luz pelo ambiente, quanto no despertar de emoções e sensações em seus usuários.

Em salas de aula e nos demais ambientes de trabalho, deve-se maximizar o poder de alcance da luz. Cores e texturas dos materiais são elementos de grande influência para a reflexão das superfícies, resultando em variações tanto na qualidade quanto na quantidade de luz refletida. Devem-se utilizar cores claras nas paredes internas e, preferencialmente, branco nos tetos; sem descuidar do controle do ofuscamento. De acordo com Ramos (2004), os pisos pouco contribuem por se encontrarem abaixo do plano de trabalho.

Na vida cotidiana, a cor exerce uma influência inconsciente sobre o comportamento humano: seus aspectos psicológicos, fisiológicos e simbólicos podem e devem ser utilizados para a criação de ambientes agradáveis e adequados à realização das atividades para ali previstas.

Segundo Fabris e Germani (1979, apud SILVA, 1995), a cor exerce um tríplice poder sobre a pessoa que a observa:

- poder de impressionar: enquanto o pigmento é visto, ele se manifesta impressionando, chamando a atenção do observador;
- poder de expressão: porque cada pigmento ao se manifestar, expressa um significado e provoca uma emoção;
- poder de construção: cada cor possui seu significado próprio, adquire verdadeiro valor simbólico, sendo capaz, portanto, de construir por si mesmo a linguagem comunicativa de uma idéia.

Conforme destaca o GAE (2004), o uso da cor, além de um papel estimulante ao desenvolvimento infantil, pode ser também um instrumento eficaz de comunicação visual, identificando ambientes e setores que, também por se destinarem a atividades diferentes, requerem tratamentos diferenciados. Como regra geral, nos ambientes onde é necessária maior concentração, como as salas de aula, biblioteca, demais ambientes pedagógicos e administrativos, devem ser evitadas as cores quentes, mais fortes e excitantes – como o vermelho e o laranja – destinando estas cores para elementos e detalhes da construção.

Nestes ambientes recomenda-se o emprego de tons mais suaves nas paredes, em nuances pastéis como o verde, o bege e o marfim. Já nos ambientes de recreação e vivência, as cores primárias, em tons mais fortes, podem ser usadas, de maneira a enfatizar o caráter lúdico, marcando setores de atividades e destacando-se na paisagem natural.

### **3.3 Desempenho Acústico**

Na definição do sistema construtivo e dos materiais a serem aplicados, visando à acústica, duas questões devem ser observadas:

#### **Isolamento Acústico**

Refere-se à capacidade de certos materiais formarem uma barreira, impedindo que a onda sonora passe de um recinto a outro. Para isso, necessitamos de materiais densos como por ex: concreto, blocos cerâmicos, vidro, chumbo, etc.

Este isolamento representa um dos componentes do conforto em qualquer tipo de edificação. Em uma escola, especialmente nas salas de aula, esta necessidade não deve, de forma alguma, ser negligenciada, sob pena de trazer sérios prejuízos ao desempenho de seus usuários. As paredes devem ser densas o bastante para impedir a chegada do som exterior e sua passagem de um ambiente para o outro. Esta é uma necessidade freqüentemente desconsiderada devido à tendência atual de utilização de materiais cada vez mais leves e esbeltos.

O concreto celular, que possui ótimo desempenho termoacústico, além de ser hidrófugo e de ter alta resistência à compressão e ao fogo, é material recomendado, inclusive pelo Ministério da Educação, ver BRASIL/MEC (2002). Os blocos cerâmicos ou de concreto simples são encontrados no mercado com variedades de espessura e solidez, devendo ser usados de acordo com as necessidades específicas de cada projeto.

#### **Absorção Acústica**

Trata do fenômeno que minimiza a reflexão das ondas sonoras num mesmo ambiente, ou seja, diminui ou elimina o nível de reverberação. Nestes casos se deseja, além de diminuir os níveis de pressão sonora do recinto, melhorar o nível de

inteligibilidade. Contrariamente aos materiais de isolamento, estes são materiais de baixa densidade, fibrosos ou de poros abertos, como por ex: fibras vegetais e minerais, tecidos, tapetes, etc.

Nos ambientes escolares, as superfícies excessivamente refletoras são problemáticas, mas esta característica se contrapõe às questões de durabilidade, facilidade de limpeza e qualidade do ar; imprescindíveis à edificação escolar. Dessa forma, o desempenho acústico deve primeiramente ser tratado através de todos os recursos disponíveis anteriormente citados, já que na utilização dos materiais com absorção acústica satisfatória haverá restrições em favor da manutenção das outras características mencionadas.

### **Acabamento de Pisos**

Estas são as superfícies mais exigidas em termos de durabilidade e facilidade de limpeza. Determinados materiais podem dar alguma contribuição ao desempenho acústico da sala de aula sem chegarem a ser completamente inadequados sob o ponto de vista das demais características pretendidas. Ainda assim, é indiscutível a queda de desempenho, ficando a utilização restrita a casos muito específicos. É o caso do piso vinílico, que se for utilizado com 3mm de espessura, poderá contribuir para a absorção do som mas cuja durabilidade será bastante inferior à de outros materiais refletores, além de ser produzido a partir do PVC (ver item 4.3.3.). A madeira, da mesma forma, dará alguma contribuição á absorção<sup>39</sup> (ainda que bem pequena) mas deixará a desejar em termos de custo e praticidade de manutenção.

As escolhas mais freqüentes são as cerâmicas e o piso monolítico de alta resistência, sendo que este último reveste o piso da maior parte das escolas construídas atualmente no município do Rio de Janeiro. Segundo recomendação do Manual do IBAM (1996), este material pode ser utilizado em toda a edificação escolar. A recomendação não é infundada, visto que representa acabamento altamente resistente e que apresenta grande

---

<sup>39</sup> Fonte: Tabela de Coeficientes de Absorção Sonora de Materiais de Construção pertencente ao material da Disciplina Conforto Acústico. PROARQ/UFRJ, 2006.

facilidade de limpeza. Em termos de acústica, sua superfície refletora ao menos possui desempenho levemente superior ao das cerâmicas vitrificadas<sup>40</sup>.

No interior da sala de aula, uma das fontes de ruído é o arrastar de cadeiras e mesas, o inconveniente pode ser substancialmente reduzido com a colocação de peças de borracha nos pés do mobiliário. Esta é uma medida que depende muito pouco de recursos financeiros e imensamente da conscientização a respeito do problema.

### **Acabamento de Paredes**

As paredes oferecem variadas possibilidades, podendo receber elementos que trabalhem a favor do desempenho acústico da sala de aula. Devem ter acabamento resistente e semi-impermeável, mas estas são condições indispensáveis até uma altura acessível aos usuários, o que nos dá a opção de revestir a faixa junto ao teto com material que possua alguma absorção acústica.

A faixa acessível aos usuários pode receber uma variedade de materiais como argamassa com pintura, cerâmica ou laminado melamínico. No entanto, por questões financeiras, o usual é a opção pela argamassa com pintura acrílica. Esta escolha oferece uma possibilidade pouco utilizada mas bastante eficiente acusticamente<sup>41</sup>: adição de vermiculita à argamassa de revestimento. Segundo o BRASIL/MEC (2002), a vermiculita é indicada para argamassas de revestimento por se tratar de um mineral com propriedades de isolamento termoacústico extremamente leve, além de possuir característica hidrorrepelente. No entanto, existe uma séria preocupação citada pela EPA<sup>42</sup> acerca da possibilidade de contaminação da vermiculita com amianto (esta possibilidade também se estende a outros minerais como talco e pedra-sabão).

O amianto ou asbesto é uma fibra de origem mineral, derivada de rochas metamórficas eruptivas, que por processo natural de recristalização transforma-se em material fibroso. Compõe-se de silicatos hidratados de magnésio, ferro, cálcio e sódio e se dividem em dois grandes grupos: serpentinas (crisótila) e anfibólios (tremolita, actinolita

---

<sup>40</sup> Idem.

<sup>41</sup> Fonte: Tabela de Coeficientes de Absorção Sonora de Materiais de Construção pertencente ao material da Disciplina Conforto Acústico. PROARQ/UFRJ, 2006.

<sup>42</sup> Consulta ao endereço: <http://www.epa.gov/asbestos/pubs/verm.html> em out 2007.

crocidolita, etc.). É considerado um material de comprovado potencial cancerígeno em qualquer das suas formas ou em qualquer estágio de produção, transformação e uso. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), a crisótila está relacionada a diversas formas de doença pulmonar (asbestose, câncer pulmonar e mesotelioma de pleura e peritônio), não havendo limite de tolerância para o risco carcinogênico (OPAS<sup>43</sup>).

Atualmente, 45 países proíbem a extração, produção, comercialização e utilização de todos os tipos de amianto (inclusive a crisótila ou amianto branco, que tem sido descrito pelos seus defensores como “menos danoso” à saúde). A União Européia em 01/01/2005 proibiu qualquer uso ou importação de amianto em seu território, embora muitos países desenvolvidos e membros comunidade européia já viessem fazendo isso desde os anos 80 (ABREA)<sup>44</sup>. Alguns estados brasileiros, dentre eles o Rio de Janeiro<sup>45</sup>, também já proíbem a extração do amianto, assim como a fabricação e a comercialização de produtos que o contenham.

O movimento contra o amianto não se resume a essas proibições, também existem medidas que tratam da sua remoção de edificações mais antigas. Por exemplo: segundo a Revista Eletrônica de jornalismo Científico “Com Ciência”<sup>46</sup>, a França está promovendo a retirada do amianto, através de reformas financiadas, de todas as edificações que possuem esse material.

Sendo assim, é necessário que a utilização da vermiculita seja precedida de análise mineralógica que comprove a ausência de fibras de amianto entre seus componentes.

Pode e deve ser tirado partido do quadro mural, que caso tenha dimensões consideráveis (o que condiz com a necessidade pedagógica) e acabamento em material absorvente como o feltro, poderá dar contribuição significativa ao desempenho da sala. A cortiça (muito utilizada no passado) na verdade não apresenta os resultados acústicos desejados, além de deteriorar-se com facilidade.

---

<sup>43</sup> Fonte: OPAS- Organização Pan-Americana da Saúde, consulta ao endereço: <http://www.opas.org.br/saudedotrabalhador> em out 2007.

<sup>44</sup> ABREA – Associação Brasileira dos Expostos ao Amianto, informações disponíveis no endereço: <http://www.abrea.org.br/cartilha.pdf>, em ago. 2007

<sup>45</sup> Lei Estadual Nº 3579/2001.

<sup>46</sup> Consulta ao endereço <http://www.comciencia.br/reportagens/2005/11/12.shtml> em dez.2007.

## **Acabamento de Tetos**

O teto representa a superfície de maior contribuição ao desempenho acústico de uma sala de aula. Caso esta questão não seja levada em consideração e o acabamento final seja uma simples laje com revestimento em argamassa e pintura (como se observa na maioria dos casos), o resultado será uma enorme superfície refletora que em muito prejudicará a qualidade acústica do ambiente. Uma alternativa é a colocação de um forro acústico, adequadamente escolhido dentre as diversas opções de mercado em função do desempenho técnico pretendido, durabilidade, facilidade de limpeza, resistência ao fogo, etc. Boas opções são os forros acústicos de gesso ou de fibra mineral, desde que sejam de fabricação idônea, com certificação para que não haja a liberação de fibras e garanta a qualidade do ar interno. Em caso de forro modular, deve ser dada a devida atenção à sua adequada colocação e fixação. Estas deverão ser executadas por mão-de-obra capacitada e conforme recomendações do fabricante. Do contrário, as placas estarão à mercê de prováveis brincadeiras dos alunos.

Também é importante que o teto da circulação seja tratado com material absorvente (gesso acústico, fibra mineral etc), devido à vulnerabilidade das salas de aula aos ruídos daí provenientes.

## **Esquadrias**

A maior penetração de ruído em um ambiente vem das janelas. Portanto, elas devem ter ser bem vedadas com a utilização de perfis adequados e gaxetas, ou outros elementos de proteção. Esta capacidade de isolamento protege a edificação não apenas dos ruídos como também da umidade, fator sempre preocupante. No entanto, por nossas características climáticas, há que se levar em consideração que estas esquadrias deverão estar permanentemente abertas durante o tempo de utilização da sala de aula, o que nos remete à desobstrução total à chegada do ruído. Brises acústicos (fabricados em chapas perfuradas e preenchidos internamente com material absorvente) representam uma ótima alternativa de combate à insolação e um excelente amenizador dos ruídos externos.

.As portas das salas de aula não devem ser posicionadas frente a frente nem lado a lado. O desencontro das mesmas diminui consideravelmente o ruído transmitido de uma

sala para outra. Além disso, suas folhas devem possuir densidade que contribua para o isolamento dos ambientes (não devem ser ocas).

### **3.4 Promoção da Qualidade do Ar**

Conforme já foi visto no item 2.4.2.4. (Qualidade do Ar), fontes típicas de poluição interna incluem materiais de construção, acabamento e mobiliário. Estes produtos liberam fibras e substâncias químicas, além de fornecerem ambiente propício para a proliferação de agentes biológicos, tais como bactérias, fungos e ácaros.

De acordo com o CHPS (2006, v.3, p.85), devem ser selecionados materiais que tenham sido satisfatoriamente testados e aprovados quanto à baixa emissão de substâncias, tais como compostos orgânicos voláteis e toxinas. Os COV emitidos pelos materiais de construção e de acabamento de base polimérica influem diretamente na qualidade do ar interior (QAI), causando desconforto e danos à saúde dos usuários. Esta questão é especialmente delicada em escolas, porque crianças são mais suscetíveis aos poluentes que os adultos.

O estado da Califórnia (EUA), adota a *Special Environmental Requirements Specification -Section 01350*<sup>47</sup> que sugere uma série de práticas relativas a eficiência energética, qualidade do ar interior e uso eficiente de recursos - a serem consideradas em construções e reformas de edificações<sup>48</sup>. O documento é especialmente elucidativo quanto a padrões a serem utilizados em testes relativos a emissões provenientes de materiais. O CHPS o adota como referência e recomenda que sejam testados os seguintes produtos: adesivos, selantes, rejuntas, carpetes, pisos flexíveis, produtos derivados de madeira, tintas e vernizes, isolantes térmicos, produtos de gesso, forros e painéis acústicos, e mobiliário. Destaca ainda que estão aprovados os produtos pertencentes à *CHPS Low-Emitting*

---

<sup>47</sup> A numeração refere-se a um formato padrão criado para a organização de documentos escritos, principalmente especificações, relativos a projeto e construção. Esta normatização foi criada pelo *Construction Specifications Institute – CSI*, sendo amplamente utilizada nos EUA e no Canadá. De acordo com o padrão, as informações são agrupadas em 50 divisões (a partir de revisão ocorrida em 2004) subdivididas em seções. A *Section 01350*, hoje identificada como 013500, é dedicada a Procedimentos Especiais e pertence à Divisão 1 – Requisitos Gerais. Fontes: *Sustainable Building Technical Manual* (1996) e site do CSI - <http://www.csinet.org>, acessado em nov. 2007.

<sup>48</sup> Esta especificação foi elaborada em 2000, e visava inicialmente à produção de mobiliário, *Modular Office Furniture Specification*, posteriormente foi adaptada e seus critérios utilizados na elaboração de um prédio de escritórios - Bloco 225 – pertencente ao empreendimento denominado *Capital Area East End Complex – CAEEC*. A partir de então, é crescente o número de departamentos governamentais do estado que adotam seus critérios em construções e reformas de edificações.

*Materials Product List*<sup>49</sup> ou a algum outro programa de certificação equivalente, listado no *site* do CHPS. Esta é uma facilidade com a qual não podemos contar atualmente no Brasil, onde ainda não existem bancos de dados disponíveis. Dessa forma, ressalta-se mais uma vez que os testes são indispensáveis.

O CHPS (2006) e várias outras referências internacionais citam a relevância da consulta à ficha de dados de segurança dos produtos (MSDS - Material Safety Data Sheet), produzida pelo fabricante para uma série de esclarecimentos, inclusive a toxicidade de seus ingredientes. Leis federais americanas exigem que todos os produtos químicos de risco tenham que apresentar o MSDS. A versão nacional deste documento é a FISPQ (Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico), que deve ser solicitada aos fabricantes de tintas, vernizes, selantes, adesivos, etc. Vários destes fabricantes, inclusive, já disponibilizam estas fichas em suas páginas na Internet. Não é atribuição do arquiteto avaliar a composição química destes produtos, mas devemos ter em mente que a sustentabilidade é uma questão multidisciplinar e que é necessário contar com o apoio de profissionais de outras áreas na elaboração de um projeto de arquitetura sustentável.

Tapetes, revestimentos porosos em geral e materiais a base de celulose - tais como madeira e o papel que reveste placas de gesso - são particularmente suscetíveis ao crescimento de fungos. No entanto, o NBPM-BHPS (2002) reafirma: o real determinante da presença numerosa (e maléfica) desses organismos no interior das edificações é a *presença da umidade*. Existem várias fontes de umidade a serem controladas, as mais frequentes são: entrada de água das chuvas, vazamentos, condensação em superfícies frias e ventilação insuficiente.

O *Indoor Air Quality Reference Guide – Tools for Schools – EPA (2005)* recomenda que seja evitada a utilização de: tapetes e revestimentos porosos, pois estes permitem a acumulação de poeira, ácaros e microorganismos; móveis, divisórias ou pinturas contendo adesivos, resinas ou vernizes sintéticos, devido às emissões de compostos orgânicos voláteis. Para mobiliário e outros componentes de madeira prensada (como compensado,

---

<sup>49</sup> Lista de produtos comercializados no mercado californiano que, segundo os critérios da *Section 01350*, possuem baixas emissões tóxicas. Encontra-se disponível no site do CHPS: [http://www.chps.net:80/manual/lem\\_table.htm](http://www.chps.net:80/manual/lem_table.htm) Acesso em outubro 2007.

aglomerado e MDF<sup>50</sup>), deve-se evitar produtos que contenham resina de uréia-formaldeído e optar pelas superfícies seladas com laminado melamínico ou laminado plástico de alta pressão. O guia da EPA alerta, ainda, para que todos os ralos sejam sifonados.

### **3.5. Durabilidade**

Conforme destaca John (2007), uma das menos discutidas ferramentas de melhoria da sustentabilidade na sociedade é o aumento da durabilidade dos produtos, em especial dos produtos da construção e seus componentes. Isto, apesar de sua importância estratégica, já que a durabilidade conduz à redução mais lenta de nossos estoques de recursos materiais, diminui a degradação do meio ambiente (considerando a vastidão de impactos envolvidos ao longo do ciclo de vida de um produto), economiza recursos preciosos como energia e água; e traz benefícios diretamente relacionados aos aspectos sociais e econômicos: *“quantos hospitais, escolas e rodovias já teriam sido feitos pelo estado brasileiro se os gastos com manutenção e reposição em obras de baixa durabilidade não fossem tão elevados?”*.

Durabilidade é a capacidade do edifício e suas partes manterem o desempenho, ao longo do tempo, quando expostos a condições normais de uso. Este desempenho deve ser analisado pelo grau de satisfação com que o produto construído atende às funções para as quais foi projetado ou, em outras palavras, atende às necessidades dos seus usuários ao longo do tempo.

A durabilidade não decorre apenas das características do material, sendo também o resultado da interação deste com o ambiente que o cerca, incluindo aspectos de microclima. A escolha dos materiais, a qualidade do projeto e de execução da obra, assim como o uso adequado e a manutenção preventiva<sup>51</sup> são decisivos para o resultado desta interação.

Mudanças nos detalhes de projeto, que proporcionem ao componente maior proteção contra os fatores de degradação, podem aumentar a sua vida útil<sup>52</sup> sem alterar

---

<sup>50</sup> *Médium Density Fiberboard*

<sup>51</sup> A manutenção preventiva é aquela que se utiliza de uma programação de serviços, tratando das atividades a serem realizadas e sua periodicidade. Inclui duas etapas: as intervenções físicas nos equipamentos, na edificação ou nos sistemas, com o objetivo de executar reparos ou fazer ajustes; e as inspeções periódicas e sistemáticas, que definem que intervenções se farão necessárias e quando elas devem ser realizadas.

<sup>52</sup> A vida útil é o período durante o qual um produto tem desempenho igual ou superior ao mínimo requerido, ou seja, as necessidades dos usuários são atendidas. É, portanto, uma quantificação da durabilidade em determinadas condições.

significativamente os impactos ambientais por ele produzidos. Isto nos remete à extrema importância de um projeto executivo bem elaborado e detalhado, questão que muitas vezes vem sendo desvalorizada no planejamento do empreendimento.

O projetista, no exercício pleno de sua função, deve buscar a durabilidade da edificação e a redução de desperdícios, otimizando o desempenho dos materiais utilizados através da adequação às condições ambientais e de uso. Sendo assim, é de grande importância o conhecimento pleno das atividades a serem desenvolvidas na edificação, das condições ambientais do sítio, das propriedades dos materiais com possibilidades de uso, e do resultado da interação desses materiais com as condições ambientais presentes.

Uma criteriosa especificação, que aproveite adequadamente o potencial dos materiais, aliada a um detalhamento voltado para a proteção e durabilidade dos elementos, assim como suficiente à perfeita execução da obra, são fatores que atuam diretamente nos ganhos de durabilidade e redução de desperdício na construção. As interfaces do projeto de arquitetura com as demais disciplinas envolvidas também devem ser amplamente trabalhadas na fase de detalhamento de projeto, visto que costumam gerar uma enormidade de pontos vulneráveis, comprometendo assim a durabilidade da construção. A fase de concepção é, sem dúvida alguma, a mais adequada para se ter uma visão sistêmica do empreendimento, sendo o arquiteto o profissional mais qualificado para coordenar a compatibilização entre as disciplinas.

A qualidade da execução de uma obra é, logicamente, decisiva para a durabilidade da edificação. Além do perfeito domínio, por parte do construtor, dos procedimentos executivos referentes aos serviços envolvidos, por tudo que já foi visto, a fidelidade ao projeto é fundamental. Em face do surgimento, na fase de execução, de divergências inesperadas, a interação de projetistas e executores é a melhor forma de se chegar às melhores soluções.

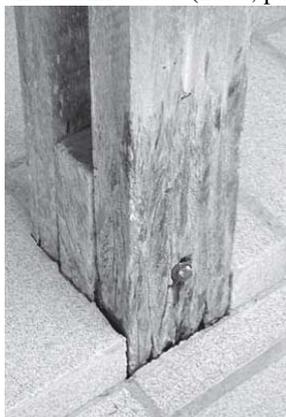
Ao término da construção, uma nova série de cuidados deve ser tomada por parte do usuário, para que a edificação e seus componentes atinjam a durabilidade prevista. Considerável quantidade de patologias precoces pode se instalar por desconhecimento dos procedimentos de uso, manutenção preventiva e/ou modificações e alterações empíricas, por ausência de um manual de uso e manutenção.

Os agentes ambientais de degradação<sup>53</sup> são, na maioria das vezes, determinantes da degradação dos materiais utilizados na edificação. Por sua natureza, a intensidade desses fatores varia no espaço e por isso seu mapeamento é importante. A variação espacial pode ser descrita em diferentes escalas.

A escala macro pode ser descrita por meio de mapas confeccionados a partir dos dados climatológicos, como chuva, vento e temperatura (inclusive amplitude térmica), podendo incluir dados de poluição. Na descrição ao nível meso, os efeitos do terreno e do ambiente construído devem ser levados em conta. No nível local, a distância de fontes de poluição, sombreamento, etc., também deve ser incluída. Alguns efeitos locais, como efeito de ruas e rodovias na concentração de poluentes, já estão descritos pelos modelos de dispersão de poluentes (JOHN e SATO 2006, p.28).

Já o microclima é definido pelas condições ambientais nas quais o material está inserido, está associado ao clima local mediado por decisões de projeto. Ações contra a umidade, como a introdução de beirais e de bases que protejam os elementos de madeira (figura 05a) ou a impermeabilização das estruturas em contato com o solo e a inclusão de calçadas de proteção (com o devido caimento) no perímetro da edificação, de forma a proteger as alvenarias (figura 05b), são exemplos da influência destas decisões. *Assim, o projeto define a durabilidade de uma solução construtiva.*

Fonte: John e Sato (2006, p.28)



(a)

E.M. Tia Ciata.

Fonte: a autora



(b)

Figura 05: Influência de detalhes de projeto na durabilidade

<sup>53</sup> Os agentes de degradação são quaisquer entes que agem sobre os materiais ou componentes de uma construção e que provocam alterações diminuindo o seu desempenho. Podem ser de natureza mecânica, eletromagnética, térmica, química ou biológica.

Nos anos recentes surgiram os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que permitem georreferenciar uma base de dados, facilitando a recuperação e o tratamento de dados para quaisquer coordenadas específicas. Essas ferramentas permitem a apresentação da intensidade dos diferentes agentes de degradação nos diferentes pontos de uma determinada região geográfica. Dependendo do refinamento dos dados, é possível apresentar dados desde o nível macro até o nível local (HAAGENRUD et al, 1996 apud JOHN e SATO, 2006). O mapeamento da intensidade de parâmetros atmosféricos já é uma prática comum em boa parte do mundo. No Brasil o uso de ferramentas SIG em estudos de durabilidade é objeto do projeto intitulado Mapeamento dos Agentes de Degradação dos Materiais<sup>54</sup>.

### **Funções dose-resposta**

A intensidade da degradação pode ser correlacionada com a dose de agentes de degradação a que o material esteve exposto. Quando existirem dados da degradação do material submetido a várias doses dos agentes de degradação por período de tempo considerável, é possível estimar a correlação por regressão entre a dose dos agentes gerando uma “função dose-resposta”. Essa função pode ser ajustada por regressão múltipla. Nos últimos anos uma série de funções dose-resposta foi construída a partir do envelhecimento de amostras padrão, em diferentes estações de envelhecimento, estabelecidas em diferentes sítios (HAAGENRUD, 2004 apud JOHN e SATO 2006). Um dos estudos mais abrangentes foi patrocinado pela ONU ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, conhecida como ICP Materials. Esse estudo gerou funções dose-resposta a partir de 39 sítios de envelhecimento natural, em 12 países europeus, de materiais como aço, chapas galvanizadas, rochas naturais e alumínio (JOHN e SATO 2006).

No Brasil, de acordo com John et al (2001), os principais estudos foram realizados na área de corrosão de metais e de armaduras de concreto armado. São ainda necessárias muitas pesquisas envolvendo outros materiais e também a realização de experimentos que permitam o refinamento dos estudos já realizados. Muitos produtos ou tecnologias importados são vendidos no mercado brasileiro tendo por respaldo avaliações de

---

<sup>54</sup> Estudo integrado ao Programa de Tecnologia de Habitação (Habitare), da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), sob coordenação da Prof.<sup>a</sup> Maryangela G. Lima

durabilidade efetuadas em seus países de origem, com diferentes condições climáticas, ambientais e de uso, decorrente do padrão cultural diferenciado. A existência de infraestrutura com caracterização ambiental adequada é essencial para o aperfeiçoamento de produtos existentes, o desenvolvimento dos novos, e ainda para a estimativa dos gastos com manutenção nas construções, os quais devem ser considerados na avaliação do custo global das soluções tecnológicas.

Com base nessas necessidades, foi criado o projeto *DURAR - Rede Brasileira de Estações de Envelhecimento Natural para Estudo da Durabilidade*<sup>55</sup> que, implantado recentemente, opera uma rede de quatro estações de envelhecimento natural, estando disponível para a comunidade técnica, acadêmica ou industrial. As estações estão localizadas em São Paulo, Rio Grande, Belém e Pirassununga e deverá ser ampliada com algumas poucas estações complementares. Em seu conjunto atual, estão representadas quatro situações bastante diferentes em termos de clima e poluentes. Os primeiros resultados de pesquisas realizadas utilizando a rede de estações já começam a ser publicados.

### **Previsão da vida útil de referência**

A estimativa da vida útil de determinada solução construtiva permite estimar o impacto de decisões de projeto em atividades e custo de manutenção, impacto ambiental e até na vida útil final da edificação. A norma ISO 15686-2:2001 - *Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 2: Service life prediction procedures* apresenta metodologia para previsão de vida útil de componentes da construção e pode ser utilizada para um simples estabelecimento de uma função desempenho *versus* tempo, para um local específico, ou funções dose-resposta válidas para uma gama de condições ambientais.

### **Planejamento da vida útil**

A ISO 15686-2:2001 define planejamento de vida útil como um processo de projeto que procura garantir, na medida do possível, que a vida útil de um edifício seja igual ou superior à vida estimada pelo projeto, levando em conta (e, preferencialmente, otimizando) os custos globais (do ciclo de vida) do edifício. Implica, portanto, estimar a vida útil de

---

<sup>55</sup> Maiores informações sobre a rede: <http://durar.pcc.usp.br>

cada parte do edifício e planejar as substituições das partes que tenham vida útil menor que a projetada, para a construção como um todo<sup>56</sup>.

Uma parte essencial do planejamento da vida útil da construção é a percepção de que esta é limitada pela vida útil das partes não substituíveis, como os componentes estruturais. Uma falha na estimativa da vida útil desses componentes afeta a vida útil projetada para toda a construção.

Idealmente, a estimativa da vida útil de referência do componente seria fornecida pelo fabricante, estimada a partir de estudos de previsão de vida útil, conforme especificado no item anterior. A União Européia emitiu uma diretiva tornando obrigatório que os fabricantes de materiais declarem a vida útil dos seus produtos (*The Council of the European Communities. Directive 89/106/EEC, 1998*), e algumas normas técnicas e códigos de prática já adotam modelos para a previsão da vida útil em diferentes condições ambientais. Também podem ser usadas outras fontes para previsão da vida útil, como por exemplo, a experiência ou observações anteriores de materiais de construção semelhantes ou utilizados em condições similares; avaliações de durabilidade feitas em processos de concessão de certificados de Aprovação Técnica; dados publicados em literatura e códigos de obras (JOHN e SATO, 2006).

### **3.6. Otimização do Consumo de Recursos Naturais<sup>57</sup>**

Com a finalidade de otimizar o consumo de recursos naturais no setor da construção civil, deve-se trabalhar basicamente com as seguintes questões: *durabilidade* (abordada no item anterior), *minimização das perdas* e *redução do consumo de água*.

#### **Minimização das Perdas**

Podemos conceituar perdas, de acordo com Agopyan et al (1998), como “todo recurso que se gasta para executar um produto sem agregar valor ao mesmo”. Assim, recursos relacionados com a produção indesejável são perdas. O consumo excessivo de materiais pode ocorrer em diferentes fases do empreendimento, a saber:

---

<sup>56</sup> Para detalhes sobre o planejamento da vida útil, ver JOHN e Sato (2006).

<sup>57</sup> Aqui o termo “recursos naturais” faz referência apenas às matérias-primas e à água. A questão energética será tratada no item intitulado Conteúdo Energético.

**Quadro 04** – Diferentes fases de um empreendimento e a ocorrência de perdas de materiais

<b>Fases</b>	<b>Concepção</b>	<b>Execução</b>	<b>Utilização</b>
<b>Caracterização da perda</b>	Diferença entre a quantidade de material previsto num projeto otimizado e a realmente necessária de acordo com o projeto idealizado	Diferença entre a quantidade prevista no projeto idealizado e a quantidade efetivamente consumida	Diferença entre a quantidade de material prevista para a manutenção e a quantidade efetivamente consumida num certo período
<b>Parcela de perdas</b>	Material incorporado	Material incorporado e entulho	Material incorporado e entulho

Fonte: Agopyan et al (2003, p.227)

O estudo quanto à origem dessas perdas e às formas de evitá-las não faz parte desta pesquisa, mas uma breve análise dos pontos mais vulneráveis certamente é de utilidade para o projetista.

Deve ser dado destaque para a importância da fase de concepção e para o papel do arquiteto na redução do desperdício. O profissional deve explorar adequadamente as possibilidades oferecidas pela tecnologia e pelos materiais disponíveis no mercado. Como exemplo de desperdício, um contrapiso pode ser especificado com um consumo desnecessário de cimento em seu traço e com uma espessura além da necessária para embutir instalações e dar o devido caimento/nivelamento. Outro exemplo é a definição do revestimento de paredes com uma espessura de argamassa desnecessária: incompatível com a constância dimensional dos blocos de boa qualidade utilizados e com as características das misturas industrializadas para argamassa (preferidas atualmente por grande parte dos construtores).

O detalhamento de projeto é um poderoso aliado na batalha contra as perdas na execução da edificação. A tentativa de economizar recursos financeiros descaracterizando esta fase de projeto – o que, infelizmente, se vê com tanta frequência na atualidade - representa um lamentável engano. O desenvolvimento adequado desta atividade é fator indispensável quando se fala na tão procurada aproximação *entre a quantidade de material previsto num projeto otimizado e a realmente necessária de acordo com o projeto idealizado*, conforme citado no Quadro 04.

A qualidade dos materiais e componentes da construção é outro elemento fundamental. De nada adianta uma certa economia financeira na aquisição do material em detrimento da durabilidade. Independentemente da qualidade, materiais propensos à geração de sobras e quebras só devem ser especificados pontualmente (agregando, por exemplo, valor estético à construção) ou quando insubstituíveis.

O planejamento dimensional é uma estratégia que reduz consideravelmente as perdas na construção. Dentre outras medidas, inclui:

- **a minimização de estruturas** – gera uma economia “em cascata” que chega até as fundações;
- **a utilização de painéis e elementos pré-construídos** – além de reduzir as perdas na construção, dá flexibilidade e adaptabilidade ao projeto, economizando preventivamente na remodelagem dos espaços;
- **o dimensionamento padronizado** - leva em conta os padrões comerciais dos elementos construtivos de forma a minimizar as perdas, inclusive quanto a revestimentos, tais como laminado melamínico, mantas para piso, etc.

Deve-se ainda citar que a mão-de-obra não qualificada, assim como a ausência de procedimentos operacionais e de mecanismos de controle de execução e inspeção, determinam um alto nível de perdas na construção.

Um outro aspecto da redução de perdas diz respeito ao processo de manufatura dos materiais, onde as principais medidas são:

- **otimização do processo** - assimilação de estratégias de eficiência na linha de produção reduzem significativamente as perdas;
- **aproveitamento dos resíduos** – podem ser reciclados ou reaproveitados em um novo processo produtivo.

### **Redução do Consumo de Água**

Deve ser considerada a possibilidade de utilização de materiais cuja execução/instalação seja seca. Em nosso clima, em se tratando de vedações, estas opções se restringem aos espaços internos, mas podem apresentar soluções muito interessantes inclusive no que se refere à redução de perda de materiais e de tempo, economia de espaço, mobilidade e versatilidade. No entanto, é necessário estar atento ao controle do uso de materiais que emitam COV.

À racionalização da construção deve ser dado caráter de urgência. Desta forma, mesmo com a utilização de materiais que exijam o uso da água, esta será *economizada* ao máximo. A questão envolve, antes de tudo, uma mudança radical de mentalidade. Devem-se evitar as perdas não apenas dos materiais (desperdício facilmente relacionado a custos financeiros desnecessários), mas também da água (cujo custo monetário atualmente não assusta, mas que representa recurso precioso que nos faltará em um futuro próximo). O assunto remete à enorme carência de investimentos e incentivos ao desenvolvimento e disseminação de processos construtivos que utilizem materiais locais e abundantes, como a argila, mas que sejam produzidos e utilizados na construção através de métodos *racionalizados*.

Ainda é necessário considerar que vários materiais são tradicionalmente limpos com a utilização abundante de água, como é o caso das cerâmicas e, em muitas escolas, do piso monolítico em argamassa de alta resistência. Esta é uma questão muito mais relacionada a conscientização e treinamento que a especificação de materiais. Devem se conscientizados tanto os responsáveis pela compra de materiais de limpeza quanto pela administração das escolas. Além disso, os profissionais de limpeza devem receber treinamento adequado que os habilite à execução dos serviços através de técnicas atuais e eficientes<sup>58</sup>.

### **3.7 Reutilização**

#### **3.7.1. Dos Materiais**

O potencial de reutilização de cada material representa importante fator a ser considerado. Além de evitar os impactos causados pelo descarte do produto, também evita aqueles decorrentes da extração de matéria-prima, produção e distribuição de um novo elemento. Deve-se avaliar tanto a viabilidade de reutilização de materiais quanto a possibilidade de reutilização futura do que agora está sendo especificado. Alguns produtos como esquadrias, tijolos, pedras, peças de madeira, tubulações, luminárias, metais e acessórios, possuem vocação natural para a reutilização.

---

<sup>58</sup> Ressalta-se que a economia de água não deve ser obtida através do uso indiscriminado de produtos químicos, solução esta que acarretaria prejuízo à qualidade do ar interior.

Uma forma de garantir o bom reaproveitamento dos materiais é a prática do desmonte, que é o processo de dismantelar cuidadosamente uma edificação de forma a salvar componentes para reuso e reciclagem. Algumas vantagens do desmonte, se comparado com a demolição tradicional, é que seu processo requer grande quantidade de mão-de-obra, baixa tecnologia e, além disso, é saudável para o ambiente. Os benefícios ambientais, econômicos e sociais deste processo são, segundo Costa (2003):

- reduz a poluição, a emissão de gases de efeito estufa, e a necessidade de aterro e incineração;
- conserva energia e recursos naturais;
- oferece treinamento no trabalho e oportunidades de emprego, incluindo o desenvolvimento de pequenos negócios;
- incrementa o comércio de materiais usados.

### **3.7.2. Da Edificação**

Sempre que possível, a edificação deve ser reaproveitada, evitando ao máximo sua demolição. O ideal é que esta utilização se dê até o final da vida útil de seus elementos estruturais. Com a ampliação do ciclo de vida da edificação, consegue-se economizar recursos naturais, poupar energia, reduzir a geração de resíduos e emissões e evitar uma série de impactos causados pela demolição e construção de novos edifícios. A reutilização deve vir acompanhada pela remoção de elementos que causem algum risco aos usuários, pela tentativa de melhora da eficiência energética e pela redução do consumo de água.

#### **Evitando a Obsolescência**

Muitas vezes construções ou suas partes se tornam inadequadas para cumprir a função para a qual foram projetadas, sem que ocorra a degradação dos materiais empregados, mas tão somente por mudanças nas necessidades dos usuários para as quais a construção não pôde ser adaptada a um custo competitivo. Isso ocorre em decorrência da evolução tecnológica na área da construção, por mudanças de cultura por parte dos usuários, por razões econômicas, por mudanças sociais ou até pelo desaparecimento da função para a qual o produto foi desenhado.

Como não é possível estimar as mudanças que irão ocorrer em longo prazo, não se pode controlar a durabilidade contra a obsolescência. No entanto, podem ser minimizadas as cargas ambientais relativas a este fenômeno, fazendo com que os componentes que podem se tornar obsoletos com maior facilidade sejam facilmente substituídos (JOHN et al, 2001).

Os efeitos da mudança cultural são facilmente observáveis em acabamentos ou até em fachadas de edifícios. Os revestimentos cerâmicos, cujas vidas úteis, segundo John e Sato (2006), ultrapassam 100 anos, frequentemente são substituídos muito antes de qualquer degradação no seu desempenho tecnológico. O avanço das técnicas construtivas que facilitam a substituição de acabamentos, deve ser perseguido.

Todo o edifício pode se tornar obsoleto, mas as decisões de projeto podem controlar a velocidade deste processo. Características como mobilidade e versatilidade dão aos materiais e aos sistemas construtivos a capacidade de resistirem por maior tempo à obsolescência; além disso, podem facilitar o processo de demolição e reutilização dos componentes. O conhecimento é o fator decisivo no controle dos problemas de durabilidade relacionados com a obsolescência.

### **3.8. Reciclagem**

Os resíduos sólidos, de uma forma geral, são grandes causadores da degradação ambiental, tanto pelo volume gerado como por seu tratamento e sua destinação inadequados. Pela importância do tema, há um capítulo da *Agenda 21* exclusivamente dedicado a eles, denominado: Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com os esgotos (capítulo 21).

Na agenda, são apresentados quatro princípios que guiam os programas relacionados aos resíduos, apoiados numa hierarquia de objetivos, a saber:

- minimização dos resíduos;
- maximização da reutilização e da reciclagem ambientalmente saudável dos resíduos;
- promoção de depósito e tratamento ambientalmente saudáveis dos resíduos;
- ampliação do alcance dos serviços que se ocupam dos resíduos.

As estratégias de gerenciamento de resíduos têm sua grande importância não somente no que se refere à minimização dos impactos causados pela disposição, mas também pela economia de matéria-prima e energia alcançada. Na elaboração de um projeto de arquitetura, a seleção dos materiais deve dar destaque a estas questões. Sendo assim, as palavras de ordem são: *reduzir, reutilizar e reciclar*.

A redução do consumo e a reutilização dos materiais são assuntos que já foram tratados, resta examinar a questão da reciclagem.

A reciclagem de resíduos, próprios ou gerados pelos demais setores industriais, é uma das tendências para diminuição dos impactos ambientais da construção civil. De acordo com John<sup>59</sup>, suas principais vantagens são:

- resíduo reciclado é produtivo - gerando cooperação por parte das empresas - e não ocupa lugar em aterros sanitários. Além disso, resíduos nocivos podem ser “encapsulados” no processo de reciclagem;
- reduz o volume de extração de matéria-prima, preservando os recursos naturais limitados;
- pode reduzir o consumo de energia, tanto porque estes produtos freqüentemente incorporam grandes quantidades de energia quanto porque podem reduzir as distâncias de transporte de matérias-primas;
- pode reduzir a poluição gerada;
- permite, muitas vezes, a produção de materiais com melhores características técnicas;
- pode auxiliar na produção de materiais de menor custo.

Algo que sempre deve ser lembrado é que a reciclagem oferece grandes oportunidades, mas também significativos riscos. Sendo assim, a utilização de resíduos na produção de novos materiais deve ser feita com muito cuidado. É importante que as pesquisas voltadas para o tema, além de examinarem os aspectos do desenvolvimento técnico do material, analisem também os impactos ambientais do processo. Os benefícios sociais decorrentes de pesquisas no setor, somente vão se realizar na sua totalidade se o novo produto gerar empregos, reduzir o volume de aterros, consumir resíduos em vez de recursos naturais e evitar a contaminação do ambiente ou o comprometimento da saúde da

---

<sup>59</sup> JOHN, V.M. **Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar**. São Paulo, Texto técnico: PCC/ EPUSP. Disponível em: [http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des\\_sustentavel.htm](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des_sustentavel.htm) . Acesso em jan. 2007.

população. Conforme lembram John e Ângulo (2003), acidentes ambientais e de saúde pública já ocorreram, como os casos da cal reciclada que era contaminada por dioxinas e foi comercializada durante anos em São Paulo; e da tentativa de produção de painéis utilizando fosfogesso<sup>60</sup>, o que levou a processos de colonização das superfícies por fungos, comprometendo a qualidade do ar e a estética no interior dos edifícios.

“o desenvolvimento de investigação no domínio de ciências dos materiais e ambientais é fundamental, mas não suficiente.[...] Conseqüentemente, um processo de pesquisa e desenvolvimento de técnicas para reciclagem de resíduo que resultem viáveis em determinado mercado é uma tarefa complexa, a qual envolve conhecimentos de ciências de materiais, ambientais, de saúde, econômicas, marketing, legais e sociais, além da avaliação de desempenho do produto em um cenário de trabalho multidisciplinar” (JOHN e ÂNGULO, 2003, p.10).

Uma questão importante no longo prazo, não considerada na análise do ciclo de vida, é o risco de a reciclagem contaminar progressivamente o meio ambiente, pelo espalhamento e diluição de contaminantes persistentes produzidos pela ação do homem na natureza e pela lixiviação dos contaminantes e subsequente contaminação da água. Segundo John e Ângulo (2003), “espalhamento e diluição dos contaminantes dentro de materiais de construção civil não é, em si, um problema durante a fase de uso dos materiais, mas ao final da vida útil será gerado um volume de resíduo de demolição superior ao original e mais contaminado que os resíduos de construção tradicionais”. Subseqüentes ciclos de demolição e reciclagem em que o RCD (resíduo de construção e demolição) é sempre incorporado em um novo produto contendo mais resíduos podem levar a concentrações crescentes. Conseqüentemente, em certas situações, a reciclagem somente será desejável do ponto de vista ambiental se a destinação futura de resíduos de construção for controlada (HARTLÉN, 1995 apud JOHN e ÂNGULO, 2003).

### **Alguns resíduos já utilizados com frequência**

**Fibras vegetais como sisal, coco e banana ou polpas celulósicas como a do eucalipto** – Compósitos não convencionais à base de cimento, e outros aglomerantes, têm sido alvo freqüente de estudos<sup>61</sup> (SAVASTANO JR, 2003), apesar de suas limitações

---

<sup>60</sup> Para maiores esclarecimentos sobre o fosfogesso, ver item 5.5.

<sup>61</sup> Pesquisas constantes buscam substituir o amianto, fibra mineral utilizada principalmente no reforço de matrizes cimentícias, pela comprovação de que este material pode causar sérios danos à saúde.

devidas à maior facilidade de degradação. Também nos países desenvolvidos, o uso de fibrocimentos, que utilizam polpa celulósica como reforço, tem sido consagrado graças a constantes aperfeiçoamentos das matérias-primas, processos produtivos com consumo racionalizado de energia e necessidade de investimentos cada vez menores (COUTTS, 1992 apud SAVASTANO JR, 2003).

**Escória de alto-forno** – É de grande interesse para a construção civil pois pode ser usada na produção de cimento, como substituto parcial do clínquer Portland. Também pode ser usada como base para pavimentos e como agregado. Seu uso é limitado devido à expansibilidade de seus óxidos, razão pela qual muitas pesquisas têm sido realizadas.

**Cinzas volantes ou pesadas** - Resíduos oriundos da queima de carvão mineral que já são tradicionalmente consumidos pela indústria cimenteira brasileira e para os quais procura-se desenvolver novos mercados como: elementos pré-moldados (blocos estruturais, blocos de vedação e blocos intertravados para pavimentação) e argamassa de revestimento.

**Resíduos de Construção e Demolição (RCD)** - As experiências nacionais e internacionais indicam que, quando ignorados pelas administrações públicas, os RCD acabam sendo depositados ilegalmente na malha urbana causando sua degradação e afetando a saúde pública. Por outro lado, estão demonstrados tanto a viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes da reciclagem de resíduos da construção civil; quanto o fato de que a gestão integrada destes resíduos pode proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental.

Os resíduos de construção e demolição são classificados pelo CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente (Resoluções nº 307/2002 e nº 348/2004) em quatro grupos, de acordo com Quadro 06 (pg. 92).

A reciclagem dos resíduos classe ‘A’ tem como produto principal o agregado reciclado<sup>62</sup>, que é destinado a usos como correção de relevos, concretos magros de fundações, base de pavimentação, entre outros. No Brasil, fica constatado que a reciclagem

---

<sup>62</sup> Definido pela Resolução CONAMA nº 307/2002 como o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infra-estrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia.

do RCD é ainda não significativa diante do montante gerado. Já na União Européia existem países com índices de reciclagem entre 50% e 90%, como Holanda, Dinamarca e Alemanha, assim como países com índices menores que 50%, como Portugal e Espanha (EC, 2000, apud JOHN et al 2006).

Conforme indicam John et al (2006), apesar da existência de normas técnicas na Dinamarca e Holanda (HENDRIKS, 2000; HENDRIKS; JANSSEN, 2001), Alemanha (DIN, 2002), Inglaterra (REID, 2003) e no Brasil (ABNT, 2004) que regulamentam o emprego dos agregados de RCD reciclados em concretos, existem diversas especificidades que tornam difícil essa utilização, tais como: a) pouca eficiência na triagem da fração mineral do RCD; b) variabilidade intrínseca dos agregados de RCD reciclados; c) insuficiência dos métodos de controle de qualidade desses agregados; e d) deficiência de controle de processamento. Extensas pesquisas têm sido desenvolvidas em torno destas questões, como no Programa de Tecnologia da Habitação – Habitare<sup>63</sup>, mas ainda há muito a ser investigado.

É de grande importância que a produção do agregado reciclado seja ampliada com a criação de novas usinas; o incentivo às pesquisas no setor, reduzindo os entraves à sua utilização; e a conscientização dos consumidores sobre os benefícios que esta utilização cada vez maior pode trazer. O papel dos órgãos públicos é decisivo nesta empreitada, inclusive ampliando a utilização do material em obras governamentais; não somente em infra-estrutura urbana, mas também em edificações, dentro das condições técnicas adequadas.

Os resíduos classe ‘B’ já possuem mercados de reciclagem consolidados em boa parte das grandes cidades brasileiras. Conforme observam John et al (2006), a inserção de toda e qualquer madeira nessa categoria talvez deva ser revista, uma vez que o principal mercado dessa fração hoje é a queima, que pode ser ambientalmente problemática para produtos contendo colas, tintas e biocidas.

Para os resíduos classe ‘C’, conforme cita o CONAMA, ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua

---

<sup>63</sup> Financiado pela Finep e Caixa Econômica Federal, o Habitare vem direcionando recursos para o desenvolvimento de pesquisas no campo da habitação de interesse social.

reciclagem/recuperação; enquanto que alguns resíduos classe 'D', considerados perigosos, podem ser reprocessados, como é o caso das tintas.

### **3.9. Conteúdo Energético**

Os estudos sobre consumo energético nas edificações vêm crescendo substancialmente pela necessidade dos países em estabelecer as condições de sustentabilidade ambiental neste setor. Isto se justifica por ser a construção civil o setor da atividade humana que mais demanda energia e recursos naturais, em torno de 40 e 50 % respectivamente (LIPPIATT, 1998, apud TAVARES e LAMBERTS, 2005).

O conteúdo energético da edificação corresponde à energia consumida por todos os processos associados com a sua produção e manutenção; incluindo aquisição dos recursos naturais, fabricação dos materiais, transporte, construção, manutenção e reparos do edifício. Tavares e Lamberts (2004, apud TAVARES e LAMBERTS 2005), consideram que a energia contida na edificação pode ser avaliada da seguinte forma:

- Energia Embutida Inicial – inclui todas as etapas pré-operacionais da edificação: produção dos materiais (desde a extração de matéria-prima até a fabricação), transporte e obra;
- Energia Embutida de Reposição ou Manutenção – representada pela etapa operacional relativa a manutenção e reformas da edificação;
- Energia Operacional – consumo de energia ao longo da vida útil da edificação.

Os mesmos autores apontam para o fato de que pesquisas recentes têm demonstrado que, apesar das etapas operacionais apresentarem a maior parte do consumo energético no ciclo de vida da edificação, as etapas pré-operacionais também são significativas podendo chegar a 40% do consumo operacional (FAY, 2000; THORMARK, 2002). Apesar disso, no Brasil, ainda há poucos estudos para investigar e mensurar o consumo de energia nestas etapas.

A extração, o processamento e o refino de minerais são extremamente intensivos em termos de energia. Entre 7% e 10% de todo petróleo, gás, carvão e energia hidrelétrica produzidos anualmente em todo o mundo são utilizados para extrair e processar minerais. (Este valor não inclui a energia consumida para transportar minérios e metais por todo o planeta). A mineração e o processamento de apenas três materiais - alumínio, cobre e aço -

consomem impressionantes 7,2% da energia mundial. Isto supera o consumo anual de toda a América Latina (SAMPAT, 2003).

Dentre as etapas pré-operacionais é indiscutível a enorme parcela de consumo energético atribuída à produção dos materiais de construção e acabamento, independentemente da finalidade da edificação. Além disso, como constataram Tavares e Lamberts (2005) em sua pesquisa voltada para o consumo energético no setor residencial brasileiro, na fase de construção é significativo o valor referente ao desperdício de materiais.

O CHPS (2006, v.2) descreve conteúdo energético de um produto como o somatório da energia consumida durante todo o ciclo de vida do mesmo, incluindo extração de matéria-prima, produção, embalagem, transporte, instalação, uso, manutenção e descarte.

Segundo Kruger e Dumke (2001), em cada produto existe uma quantidade de energia indiretamente incorporada, cujo valor é resultante da soma das parcelas de energia consumida ao longo do processo de sua produção, e que se denomina conteúdo energético. Em outras palavras, o conteúdo energético é a soma da energia despendida para a obtenção de todos os elementos incorporados na fabricação de um produto industrial.

Já para Mascaró (1988), o consumo de energia na fabricação de um material de construção é o total de energia consumida nas diferentes fases de um processo produtivo, somada à energia embutida no material, ainda não transformada.

De acordo com uma revisão bibliográfica feita por Pietrobon et al (1995), algumas técnicas para determinação do conteúdo energético dos materiais de construção datam da época dos choques de petróleo<sup>64</sup>. Mais recentemente, foi incorporada a preocupação com aspectos ecológicos e ambientais na gestão desses materiais<sup>65</sup>. “Nestas publicações originadas de pesquisas em vários países, surgem diferenças entre os valores apresentados por diversas fontes, provavelmente como resultado de variações nas definições e nas diferenças dos processos de produção industrial.” Quanto às pesquisas nacionais, o autor cita como referência SOUZA (1980), MASCARÓ (1981, 1988) e M.I.C. (1982).

As publicações nacionais mais recentes, voltadas para o desempenho energético das edificações – como KRÜGER - DUMKE (2001); TAVARES - LAMBERTS (2004, 2005)

---

<sup>64</sup> Trabalhos como o de KREIJGER (1973) e o *handbook* de BOUSTEAD et al. (1979).

<sup>65</sup> Pode-se citar: VIVESVARAYA (1987), COLE et al. (1992), OKA et al. (1993), CONNAUGHTON (1993), WORREL et al. (1994) e BUCHMANN et al. (1994).

– muitas vezes continuam considerando indicadores resultantes de trabalhos desenvolvidos na década de 80<sup>66</sup>.

Apesar da dispersão encontrada entre os valores apresentados, pelas diversas publicações disponíveis, para o conteúdo energético dos materiais de construção, estes dados possibilitam que se tenha uma ordem de grandeza desta propriedade com relação aos diversos materiais. No entanto, a utilização destes dados para uma tomada de decisão no processo de escolha dos materiais construtivos, deve ser cuidadosa, pois há ainda as questões do ciclo de vida dos materiais e das diferentes quantidades de material requeridas para a manufatura de produtos que desempenhem a mesma função.

No **Anexo 2** são citados os índices divulgados pelo *Centre of Building Performance Research (CBPR), School of Architecture - Victoria University of Wellington, New Zealand*, disponíveis atualmente na internet<sup>67</sup>.

A reutilização de materiais de construção freqüentemente poupa expressiva quantidade de energia. Já a economia obtida através da reciclagem é variável: pode ser bastante significativa, como no reprocessamento de metais; ou até mesmo pouco expressiva, para materiais como o vidro. Caso o transporte através de longas distâncias esteja envolvido, este exigirá o uso de muita energia. Devem-se considerar ainda, as perdas decorrentes do processo de reprocessamento e a energia já embutida no material, a partir de sua produção inicial.

### **Fontes Energéticas**

Além da quantidade de energia consumida, sua origem é de grande importância. Deve-se considerar a renovabilidade das fontes energéticas e os impactos gerados na sua produção, distribuição e consumo. O Brasil apresenta uma matriz energética privilegiada, se comparada à situação mundial. Conforme pode ser visto no **Quadro 03**, em 2006, cerca de 45,0% da Oferta Interna de Energia<sup>68</sup> nacional teve origem em fontes renováveis, enquanto que no mundo essa taxa era de 12,7%. Dessa participação da energia renovável,

---

<sup>66</sup> Além dos trabalhos citados por PIETROBON (1995), podemos incluir: GUIMARÃES (1985) e MARTINS (1989).

<sup>67</sup> Visita ao site do CBPR: <http://www.vuw.ac.nz/cbpr/resources/index.aspx> em 21/07/2007.

<sup>68</sup> No Balanço Energético Nacional, a menos de eventuais ajustes estatísticos, a soma do Consumo Final de Energia (que atende às necessidades da sociedade em geral, movimentando a indústria, o transporte, o comércio e demais setores econômicos do País), das perdas no transporte, na distribuição e na armazenagem e das perdas nos processos de transformação, recebe a denominação de Oferta Interna de Energia – OIE, também, costumeiramente denominada de matriz energética ou de demanda total de energia (BRASIL/MME, 2007).

14,8% corresponderam à geração hidráulica e 30,2% a outras fontes renováveis. (BRASIL/MME, 2007, p.22).

**Quadro 05:** Oferta Interna de Energia - Estrutura de Participação das Fontes

Brasil 2006 (%)		Mundo 2005 (%)	
Petróleo e Derivados	37,7	Petróleo e Derivados	35,0
Biomassa	30,2	Carvão Mineral	25,3
Hidráulica e Eletricidade <sup>69</sup>	14,8	Gás Natural	20,7
Gás Natural	9,6	Biomassa	10,5
Carvão Mineral	6,0	Urânio	6,3
Urânio	1,6	Hidráulica e Eletricidade	2,2

Fonte: BRASIL/MME,2007 - Balanço Energético Nacional 2007 (ano base 2006) p.22.

Ainda assim, na seleção dos materiais, o que importa é considerar o tipo de energia utilizada na produção específica de cada material.

O setor de cerâmica vermelha representa um bom exemplo, onde o uso da lenha como principal energético, para a maioria das indústrias, pode ser considerado um fator positivo, desde que esta seja proveniente de reflorestamento. Trata-se de um recurso renovável e uma parcela do CO<sub>2</sub> emitido é fixada na forma de biomassa cultivada para produzir a madeira que dá origem ao insumo. Além disso, sua produção local favorece a economia dos municípios, gera empregos e reduz impactos com o transporte. O setor também possui capacidade de absorver um amplo conjunto de resíduos de outras indústrias, tais como óleo BPF<sup>70</sup>; resíduos de refilamento de serrarias; serragem e cavaco, das indústrias de móveis; e papel, proveniente da indústria calçadista (GRIGOLETTI - SATTLER, 2003).

<sup>69</sup> A estrutura da oferta de energia elétrica, no Brasil e no mundo, segundo a fonte de geração, pôde ser observada no Quadro 02 (pág. 52)

<sup>70</sup> Os óleos combustíveis fósseis são classificados em dois tipos:  
 - *óleos combustíveis leves* (óleo diesel) - são empregados em motores de combustão por compressão de médias e altas rotações;  
 - *óleos combustíveis pesados* - são os óleos APF (alto ponto de fluidez) e BPF (baixo ponto de fluidez), utilizados em motores de grande porte e de baixa rotação.  
 A diferença que existe entre os óleos combustíveis pesados e leves é sobretudo sua viscosidade. Fonte: <http://sbrt.ibict.br>, em julho de 2007.

Nas indústrias cimenteiras brasileiras a energia térmica pode ser suprida através da queima de diversos combustíveis, tais como óleo e coque de petróleo. Além disto, atualmente, diversos resíduos orgânicos são queimados em substituição a combustíveis fósseis não renováveis. Esse processo chamado co-processamento pode utilizar a queima de pneus, cinzas de casca de arroz e outros resíduos disponíveis na região onde estão as cimenteiras. Para utilizar esta prática de forma segura, é necessário que seja feito um estudo das conseqüências dos aspectos ambientais resultantes da queima destes combustíveis alternativos. (KIHARA, 1997; YAMAMOTO et al, 1997; KIHARA, 2000, apud CARVALHO, 2002).

### **Conteúdo Energético e Emissão de CO<sub>2</sub>**

Muitos dos produtos utilizados na construção civil são fabricados utilizando energia produzida a partir da queima de combustíveis (fósseis ou não). É justamente a queima desses combustíveis que libera para a atmosfera grandes quantidades de CO<sub>2</sub>, um dos gases que mais contribui para o efeito estufa. Em média, 0,098 tonelada de CO<sub>2</sub> por GJ de conteúdo energético<sup>71</sup>.

O aumento da temperatura na biosfera terrestre, em decorrência do efeito estufa<sup>72</sup>, vem se constituindo num dos problemas ambientais de maior relevância no debate em torno das perspectivas de sustentabilidade do atual sistema geral de produção. O aspecto mais importante desta questão diz respeito à dimensão global das suas conseqüências, na medida em que mudanças climáticas implicam em alterações no equilíbrio ambiental estabelecido no planeta.

### **3.10. Proteção ao Meio Ambiente**

O setor da construção civil, de uma forma geral, representa a atividade humana com maior geração de impactos sobre o meio ambiente, sendo a produção de materiais a fase de maior contribuição. Por este motivo, deve-se dar preferência aos materiais produzidos

---

<sup>71</sup> Fonte: CSIRO - Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Disponível em: <http://www.csiro.au/> . Acessado em julho de 2007.

<sup>72</sup> O efeito estufa é resultante da ação de alguns gases presentes na atmosfera, que alteram o equilíbrio energético do planeta ao aprisionar a radiação infravermelha refletida da superfície terrestre, impedindo-a de escapar para o espaço, causando assim a elevação das temperaturas da superfície. Como signatário do Protocolo de Quioto o país deve ter um planejamento de controle das emissões dos seguintes gases: Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), Metano (CH<sub>4</sub>), Hidrofluorcarbonos (HFCs), Perfluorcarbonos (PFCs) e Hexafluoreto de Enxofre (SF<sub>6</sub>). Fonte: Nações Unidas no Brasil, consulta ao site [http://www.onu-brasil.org.br/doc\\_quioto.php](http://www.onu-brasil.org.br/doc_quioto.php) em 21/07/2007.

responsavelmente – extraídos, cultivados ou manufaturados de forma ambientalmente amigável.

Os principais impactos relacionados ao uso de recursos naturais dizem respeito à degradação das áreas de extração da matéria-prima, ao esgotamento de recursos, se estes não forem renováveis, e à geração de rejeitos lançados ao solo ou corpos d'água, contaminando-os ou degradando-os. Para reduzir tais impactos, devem ser empregadas técnicas de extração adequadas (retirada da cobertura vegetal, técnicas de escavação, encaminhamento adequado de rejeitos, etc.); incorporar à matéria-prima outros insumos, sempre que possível, tais como resíduos provenientes de indústrias diversas; e usar recursos locais, para reduzir o consumo de energia e emissões aéreas devidos ao transporte da matéria-prima (GRIGOLETTI - SATTLER 2003).

Emissões de poluentes atmosféricos geram impactos como o efeito estufa, a destruição da camada de ozônio e a chuva ácida. Estes impactos estão relacionados ao transporte, ao uso de energéticos e à liberação de gases durante o processo produtivo. A redução de emissões, portanto, passa pela redução das distâncias a serem percorridas no transporte, através do uso de insumos locais e consumo de produtos gerados localmente, pelo uso de energéticos não poluentes, ou cujas emissões sejam controladas, pela alteração dos processos produtivos e escolha de produtos que minimizem tais impactos (GRIGOLETTI - SATTLER, 2003).

### **3.10.1. Extração e Produção**

A mineração é um dos setores básicos da economia do país. São produzidas cerca de setenta substâncias, sendo vinte e uma do grupo de minerais metálicos, quarenta e cinco dos não-metálicos e quatro dos energéticos. No entanto, segundo Sampat (2003), a dependência mineral mostrou-se desaceleradora e redutora do crescimento econômico nos países em desenvolvimento - um fenômeno que os economistas chamaram de “a maldição dos recursos”.

A obtenção dos metais é a mais impactante. A extração degrada imensas áreas e, conforme destaca Brown (2003), à medida que os minérios de alta qualidade se exaurem, os mineiros se deslocam para os de baixa qualidade, causando progressivamente mais dano

ambiental com cada tonelada de metal produzida. Quantidades enormes de energia são consumidas para remover a terra e alcançar o minério, extraí-lo, transportá-lo para a fundição e então processá-lo para obtenção de um metal puro. Também são significativos os volumes de emissões tóxicas e resíduos gerados nestes processos.

Dentre os metais, destaca-se negativamente o alumínio. De acordo com Brown (2003), sua produção representa um pesado ônus ambiental, tanto na mineração quanto na fundição. Devido à ocorrência característica do minério de bauxita se dar em finas camadas, a extração em minas a céu aberto agride enormemente a paisagem. Além disso, para cada tonelada de alumínio produzida, sobra uma tonelada de lama vermelha - uma mistura cáustica de produtos químicos. Esta lama permanece sem tratamento em grandes lagoas biologicamente mortas, vindo a poluir tanto os mananciais superficiais quanto os subterrâneos. Existem também, o enorme consumo de energia para a fundição e os danos ambientais que vêm atrelados a este consumo. Governos, ávidos por construir indústrias em seus países, concorrem entre si pela fundição de alumínio, subsidiando o custo da eletricidade. Conseqüentemente, o alumínio representa um dos materiais mais subsidiados no mundo.



Figura 06: Bacia de lama vermelha

Fábrica de alumina, ALBRAS, São Luís, Maranhão - Fórum Carajás, 2005

Fonte: material de aula do Prof. Célio Berman do Instituto de Eletrotécnica e Energia/USP

Conforme analisa Sampat (2003), a maior parte do consumo de energia e danos ambientais associados à produção de minerais ocorrem durante a extração, refino e fundição de materiais virgens. A utilização de minerais já extraídos e sua recirculação na economia eliminariam grande parte desse dano. Por exemplo: a produção de metais com uso mais intensivo de energia - alumínio, aço e cobre - unicamente de materiais reciclados

poderia reduzir a energia consumida anualmente na obtenção de metais em até 70%. Isto se deve ao fato de ser necessária menos energia na reciclagem de materiais descartados do que na extração, processamento e refino de metais do minério. Economiza-se 95% da energia gasta para produzir alumínio do minério de bauxita, caso a produção parta da reciclagem. Para compensar as perdas da reciclagem, ou dissipação, uma economia de ciclo fechado<sup>73</sup> poderia complementar os estoques já existentes na superfície do planeta com certa quantidade de materiais recém-extraídos.

Um uso verdadeiramente sustentável dos recursos exigiria a utilização de volumes menores em geral, e a maximização do volume de serviços obtidos de cada quilograma de material. Isto requereria mais do que simplesmente buscar meios para recircular materiais através da economia global. Para os planejadores, envolveria projetar cidades e sistemas de transportes de forma menos disseminada e menos intensiva no uso de materiais do que é hoje. Para os consumidores, o menor uso de minerais pode até envolver uma mudança de valores: para muitos, a “boa vida” pode não equivaler ao volume de coisas acumuladas (SAMPAT, 2003, p.142).

Operar desta maneira, significa colocar em ação o processo de *desmaterialização* da demanda social de bem-estar. Sob esse termo entendemos uma drástica redução do número (e da *intensidade material*<sup>74</sup>) dos produtos e dos serviços necessários para atingir um bem-estar socialmente aceitável. E, conseqüentemente, uma redução paralela de todo o fluxo que perpassa o sistema produtivo.(MANZINI e VEZZOLI, 2002 p.36).

Grande parte de todo o minério extraído destina-se à expansão do meio ambiente construído: estradas, ferrovias, pontes e edificações. O número de produtos daí originados é grande e a dificuldade em analisá-los sob o ponto de vista ambiental também. Haja vista que, no Brasil, existem poucos estudos acerca do ciclo de vida dos materiais de construção, sendo que os principais estudos foram realizados na área de produção de cimento e blocos cerâmicos ou de concreto.

---

<sup>73</sup> No fluxo da economia de ciclo fechado, o processo produtivo, assim como no fluxo produtivo de via única, se inicia com a transformação de matérias-primas, passando também pelo estágio intermediário da produção e uso dos produtos. A alteração do ciclo se dá após a utilização dos bens, que são separados, reutilizados ou reciclados. Este processo está alinhado com o conceito de produção limpa e vem sendo adotado por um número cada vez maior de empresas. (Fonte:<http://www.ambientebrasil.com.br>. Acesso em 8 jun. 2007).

<sup>74</sup> Sob a expressão *intensidade material*, referindo-se a um produto ou serviço, entende-se a quantidades de recursos ambientais necessários para gerar uma unidade de serviço (por exemplo; o deslocamento de uma pessoa por um quilômetro, um quilograma de roupas de algodão lavadas, um metro quadrado de superfície pintado...) (MANZINI e VEZZOLI, 2002).

### **3.10.2. Construção**

A fase de construção é altamente impactante ao meio ambiente. É justamente nessa etapa que aparecem as primeiras conseqüências decorrentes do processo seletivo de materiais e sistemas construtivos, realizado na fase de concepção.

A seleção também deve considerar o desempenho dos materiais na fase de execução da edificação, atentando para aspectos como: consumo de energia e água, controle de erosão, geração de odores, ruídos, excesso de perdas (resíduos ou perdas incorporadas), emissões, dejetos, quantidade de embalagens, etc.

A adoção de uma política de gestão ambiental, pelas empresas de construção civil, constitui uma forma efetiva de procurar reduzir esses impactos.

### **3.10.3. Descarte**

#### **3.10.3.1. Resíduos de Construção e Demolição (RCD)**

Muitos países e até cidades brasileiras, como Belo Horizonte, investem num sistema formal de gestão dos resíduos urbanos que inclui mecanismos específicos para os RCD. O sistema geralmente contempla os seguintes pontos (JOHN et al., 2004 apud JOHN et al 2006): a) incentivo à deposição regular dos resíduos, através de uma rede de pontos de coleta, que evita as deposições irregulares, pois reduz os custos de transporte, combinada com regulamentação e fiscalização da atividade de transporte; b) promoção da segregação na fonte dos diferentes materiais presentes nos RCD, reduzindo a contaminação e o volume dos aterros de inertes e facilitando a reciclagem; e c) estímulo da reciclagem por meio de proibição ou imposição de impostos para a deposição dos RCD em aterros, e por meio do estabelecimento de marco legislativo e de normas técnicas que permitam as utilizações dos materiais reciclados, particularmente da fração mineral dos RCD.

No Brasil, essa visão foi parcialmente adotada pelas Resoluções nº 307/2002 e nº 348/2004, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). A Resolução nº 307 atribui responsabilidades aos geradores, transportadores e gestores municipais, determinando inclusive, que cada município elabore seu *Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos*

da *Construção Civil*, o qual deve servir de instrumento para a implementação do sistema de gestão.

O Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil da cidade do Rio de Janeiro foi instituído pelo decreto nº 27078 de 27 de setembro de 2006.

A Resolução nº 307 estabelece, ainda, que os RCD devem ser selecionados em quatro diferentes classes e, a partir daí, destinados da seguinte forma:

**Quadro 06 – Seleção e Destinação dos Resíduos de Construção e Demolição**

<b>Classe</b>	<b>Tipos de Resíduos</b>	<b>Destinação Adequada</b>
<b>A</b>	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;	deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil <sup>75</sup> ;
<b>B</b>	são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;	deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
<b>C</b>	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;	deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
<b>D</b>	são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde <sup>76</sup> .	deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas

Fonte: Adaptado das Resoluções CONAMA 307/2002 e 348/2004

<sup>75</sup> Aterro de resíduos da construção civil - é a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe "A" no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.(RE 307/2002 CONAMA).

<sup>76</sup> A Resolução CONAMA de nº 307/2002 foi alterada pela de nº 348/2004 para inclusão dos materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

### **3.10.3.2. Embalagens**

Os materiais e produtos destinados à construção civil devem, sempre que possível, ser comercializados sem embalagem. Em caso de necessidade, sob este aspecto, são preferenciais os produtos cujas embalagens sejam retornáveis, reutilizáveis, recicláveis ou biodegradáveis, nesta ordem de prioridade.

### **3.11. Disponibilidade de Recursos**

O setor da construção civil é um dos maiores consumidores de recursos do planeta. Além da enorme quantidade de energia envolvida nas atividades do setor, existe todo o volume de recursos naturais consumidos. A maior parte destes recursos não é renovável, requerendo o uso eficiente combinado com a reciclagem realizada a curtos intervalos.

Os recursos naturais utilizados para a produção de materiais podem ser genericamente classificados como renováveis e não-renováveis.

Devemos:

- reduzir a quantidade de recursos naturais utilizados;
- explorar os recursos renováveis de acordo com os limites biológicos e a capacidade de produção da biosfera;
- explorar os recursos não-renováveis de modo a priorizar aqueles que possuam maior reserva natural;
- estimular a incorporação de resíduos a novos materiais em substituição à utilização única de recursos naturais.

Para que o uso dos recursos não-renováveis possa ser eficiente, é necessário, inicialmente, conhecer as dimensões das reservas existentes pois muitas matérias-primas de uso na construção civil se extinguirão em um prazo relativamente curto.

Algumas reservas estão bastante limitadas, a exemplo das reservas mundiais de cobre, (LIPPIATT, 1998 apud DRUSZCZ, 2002), ver **Anexo 3**. Existe ainda a situação das reservas estarem se esgotando nas proximidades dos centros de consumo. John (2001) cita o caso da areia natural consumida na cidade de São Paulo, que já está sendo transportada através de distâncias superiores a 100km, resultando em consumo de energia e geração de poluição.

O calcário, um dos principais constituintes do cimento, se encontra abundantemente distribuído na crosta terrestre. apresenta-se em extensas e espessas camadas intercaladas nas formações sedimentares e metamórficas nos diversos períodos geológicos (MEHTA et al 1994, apud CARVALHO, 2002). Segundo Lippiatt (1998, apud CARVALHO, 2002), não só o calcário, mas também a argila, segundo principal componente do cimento, é considerada abundante. Considera-se até mesmo incontável a quantidade e a perspectiva de vida de ambos no planeta. No entanto, Chaves (2002) observa que o calcário na qualidade adequada começa a rarear em muitas localidades brasileiras, sendo necessária a pesquisa de processos de beneficiamento para que sejam viabilizadas novas jazidas.

O consumo de recursos naturais no setor da construção civil depende de fatores como a vida útil ou taxa de reposição das estruturas construídas, das necessidades de manutenção, inclusive das manutenções que visam a corrigir falhas construtivas, das perdas incorporadas aos edifícios e da tecnologia empregada (JOHN, 2000 apud DRUSZCZ, 2002).

### **3.12. Regionalidade**

Este é um dos mais importantes critérios a serem atendidos. A máxima exploração dos materiais nativos atinge resultados extremamente benéficos em todas as dimensões da sustentabilidade:

- **Desenvolvimento regional** - A utilização de produtos manufaturados a partir de minerais extraídos de reservas regionais ou matérias-primas renováveis cultivadas localmente, a valorização de indústrias instaladas nas proximidades, assim como o aproveitamento da mão-de-obra local; tudo isso contribui para o desenvolvimento econômico e social da região.
- **Redução de distâncias percorridas** - O alto consumo de energia e, com ele, a emissão de poluentes atmosféricos (através da queima de combustíveis) estão diretamente relacionados ao transporte. Portanto, a redução de ambos passa pela redução das distâncias a serem percorridas, através do uso de insumos locais e do consumo de produtos gerados localmente.
- **Valorização da comunidade** - De forma a estabelecer uma conexão entre a instituição, a comunidade e o entorno, é importante que a edificação seja concebida valorizando o contexto sócio-histórico-cultural em que estará inserida. Bons resultados podem ser obtidos através da inclusão de elementos tradicionais de arquitetura local, assim como da utilização de materiais e

sistemas construtivos típicos da região, pois estes guardam uma relação direta com o estilo de vida daqueles usuários.

É preciso que o arquiteto esteja consciente de suas responsabilidades e das conseqüências decorrentes de suas especificações, ao optar, por exemplo, por produto importado ou proveniente de região distante, em detrimento de um similar produzido na região. No entanto, para que possa atuar desta forma consciente, é preciso que o profissional busque constante atualização quanto a informações que alimentem este tipo de decisão.

Um exemplo interessante de informação a ser valorizada é o Catálogo de Rochas Ornamentais do Estado do Rio de Janeiro<sup>77</sup> que foi lançado pelo Governo do Estado e o Sistema FIRJAN em 2003. Elaborado pelo Departamento de Recursos Minerais- DRM-RJ, o catálogo reúne 24 tipos de mármore, granitos e rochas de revestimento; apresentando as fotografias das rochas acompanhadas de uma série de análises e ensaios tecnológicos, a listagem de produtores, os usos recomendados e o mapa de localização de cada pedra.

### **3.13. Responsabilidade Social dos Fabricantes**

No âmbito empresarial, a responsabilidade social é o conceito que alinha o comportamento das organizações às perspectivas da sustentabilidade. De acordo com o Instituto Ethos (2006), considerando que a incorporação de objetivos sociais e ambientais aos objetivos econômicos das empresas é parte indispensável do modelo de desenvolvimento de uma sociedade sustentável, torna-se indispensável que as empresas adotem um comportamento socialmente responsável na gestão de seus negócios, baseado em uma relação ética, transparente e solidária com todos os públicos afetados por suas atividades e pelo estabelecimento de metas empresariais compatíveis com o desenvolvimento sustentável da sociedade, preservando recursos ambientais e culturais para as gerações futuras, respeitando a diversidade e promovendo a redução das desigualdades sociais.

Os profissionais responsáveis por aquisição de produtos, seja pela elaboração de especificações ou através da atividade direta de compra, estão profundamente

---

<sup>77</sup> Disponível em: <http://www.drm.rj.gov.br/catalogoport.htm>

compromissados com esta questão. A seleção de fornecedores é fundamental. *Afinal, que tipo de empresa queremos incentivar?*

Na prática, a busca por esclarecimentos quanto ao comportamento socialmente responsável das empresas fornecedoras pode representar investigação trabalhosa e muitas vezes improdutiva. No entanto, felizmente, existe a tendência de que este comportamento se torne cada vez mais transparente, em função de estar representando, em muitos casos, um referencial de excelência para o mundo dos negócios.

A responsabilidade social corporativa (RSC) ou empresarial (RSE) evolui a cada dia acompanhando a mudança do pensamento social sobre a manutenção da vida. Consumidores mais exigentes, empresas comprometidas com valores éticos universais, como o respeito aos direitos humanos, compõem uma combinação que vem transformando sociedades e colocando em questão padrões de produção e consumo que inviabilizam a vida no planeta (CAPRA, 2002 apud SORATTO et al 2006).

Promover valores de RSE e manter os padrões acordados em convenções internacionais elevam a reputação de uma corporação, dificultando às empresas que se comportam de forma socialmente irresponsável se manterem competitivas no mercado. É necessário um esforço conjunto do mercado, da sociedade civil organizada e do Estado para obtermos o quadro institucional que priorize, regulamente e premie as inovações e avanços em iniciativas de RSE (INSTITUTO ETHOS, 2006).

Buscando direcionar a gestão de responsabilidade social nas organizações, algumas normas conquistaram seu espaço. A norma internacional mais conhecida, atualmente, é a SA 8000, publicada em 1997 pela entidade americana *Social Accountability International*. Seu foco está na responsabilidade das organizações para com as relações com seus trabalhadores, com base nos direitos humanos postulados pela Organização Internacional do Trabalho (OIT). Outra norma muito conhecida é a AA 1000, cuja primeira versão foi introduzida em 1999 pela entidade britânica *Institute of Social and Ethical Accountability*. Essa não é uma norma certificável e busca o comprometimento das organizações para com as partes interessadas, vinculando as questões sociais e éticas à gestão estratégica e às operações da empresa (SORATTO et al, 2006).

A *International Organization for Standardization (ISO)* está trabalhando na elaboração da norma internacional ISO 26000, com publicação prevista para 2008. A futura norma apresentará diretrizes e não terá propósito de certificação<sup>78</sup>.

O Brasil é o primeiro país no mundo a desenvolver uma norma em seu sistema oficial dedicada à responsabilidade social. Em 2004 a ABNT publicou a NBR 16001 – Responsabilidade Social – Sistema de Gestão – Requisitos, que declara ter como objetivo o estabelecimento de requisitos mínimos relativos a um sistema de gestão da responsabilidade social, permitindo à organização formular e implementar uma política e objetivos que levem em conta os requisitos legais e outros, seus compromissos éticos e sua preocupação com a: promoção da cidadania; promoção do desenvolvimento sustentável; e transparência das suas atividades (NBR 16001, 2004).

De forma a esclarecer quanto à amplitude do que se está falando, o **Anexo 4** lista os Indicadores Ethos<sup>79</sup> de Responsabilidade Social Empresarial 2007.

Após essa reflexão sobre a importância de determinadas características nos materiais utilizados em escolas, o próximo capítulo será dedicado à investigação de que materiais são freqüentemente utilizados em nossa rede pública de ensino e que desempenho apresentam.

---

<sup>78</sup> Fonte da informação: Instituto Ethos, <http://www.ethos.org.br>, consultado em jan 2008.

<sup>79</sup> O Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social é uma organização não-governamental criada com a missão de mobilizar, sensibilizar e ajudar as empresas a gerir seus negócios de forma socialmente responsável, tornando-as parceiras na construção de uma sociedade sustentável e justa. Fonte: <http://www.ethos.org.br> em jan 2008.

## **Capítulo 4 – Os Materiais Utilizados nas Escolas Públicas de Ensino Fundamental da Cidade do Rio de Janeiro**

Os materiais de construção e acabamento utilizados na rede pública municipal de ensino não apresentam grande variedade. As escolhas são feitas com base em uma série de características julgadas indispensáveis, tais como durabilidade, segurança, facilidade de limpeza, valor estético e custo; o que muitas vezes, considerando nossa oferta de mercado, deixa poucas opções.

O presente capítulo é dedicado à investigação de quais desses materiais são mais representativos e das vantagens e desvantagens por eles apresentadas. O trabalho se desenvolve a partir de visitas a algumas unidades educacionais e entrevistas com profissionais envolvidos com os serviços de projeto, construção e manutenção da rede.

### **4.1. Algumas Palavras Sobre as Escolas Públicas Cariocas**

Conforme muito bem descreve Ehrlich (2002, p. 1),

Falar a respeito das Escolas Públicas de 1º grau do Município do Rio de Janeiro é referir-se a uma questão que se insere numa rede pública [...] que se estende por 1.261km<sup>2</sup> de forma desordenada e sem planejamento, com porte variado, idades distintas, qualidade muitas vezes discutível, com programas e níveis de conservação diversos e que representam quase a metade dos prédios públicos cariocas. Estas escolas sofrem a ação intensa de cerca de 1.000.000 de pessoas envolvidas diretamente na sua utilização, requerendo manutenção permanente, reformas e ampliações periódicas.

Esta complexa rede escolar vem sendo implantada desde o final do Império e, a partir de então, a produção de edifícios escolares tem sido constante, com períodos de maior ou menor intensidade.

De acordo com a autora citada, a tendência pela simplificação e padronização é conseqüência direta da era da industrialização visando a otimizar a produção. A utilização de projetos padronizados para a construção de escolas públicas tem sido uma prática comum desde a década de 1930 quando foi iniciada a sistematização da produção da arquitetura escolar, no contexto do processo de modernização e reestruturação da sociedade brasileira. A nova conjuntura deu ensejo a novas demandas e desafios para os arquitetos. Os

órgãos responsáveis pelas políticas públicas de educação passaram a tomar como base programas de necessidades definidos para atender às novas necessidades pedagógicas modelados pela racionalidade construtiva e funcionalidade, facilitando assim o gerenciamento e a manutenção da rede.

Os projetos elaborados pela RioUrbe para as escolas municipais de nossa cidade seguem as recomendações do *Manual para elaboração de projetos de edifícios escolares na cidade do Rio de Janeiro* produzido pelo IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal de 1996, que destaca a importância da racionalização dos componentes da construção e do emprego de materiais duráveis na estrutura, vedações, acabamentos e instalações devido à intensidade de uso das instalações físicas da escola. A publicação reúne fichas técnicas onde estão descritas as condições exigidas para cada ambiente escolar, dentre elas a obrigatoriedade ou não da existência de laje ou forro, de paredes acabadas com materiais impermeáveis ou semi-impermeáveis, de pisos laváveis e antiderrapantes, etc.

Deve-se destacar que cabe ao arquiteto cuidar para que a otimização da produção seja alcançada juntamente com a criação de ambientes escolares de verdadeira qualidade, capazes de proporcionar conforto e bem-estar além de estimular o desempenho de professores e alunos. O alcance destas condições envolve uma série de questões, dentre elas a definição dos materiais a serem utilizados. A seleção deve ter como meta a qualidade da edificação escolar, mas nossa responsabilidade não termina aí; dentre os materiais devem ser escolhidos aqueles que, ao longo do ciclo de vida, menos adversos e mais benéficos sejam, não só aos usuários da instituição mas também à comunidade local e ao meio ambiente.

### **Pesquisa de Campo**

Buscando a identificação dos materiais mais frequentemente utilizados na citada rede pública, e quais os pontos positivos e negativos desta utilização, foi feita uma pesquisa através dos seguintes procedimentos:

- visita a algumas escolas;
- entrevistas com profissionais responsáveis por projeto, construção e manutenção das escolas da rede pública municipal;

## 4.2. Visitas

Desejou-se, através de visitas a unidades construídas em épocas distintas, a observação direta do desempenho de alguns materiais freqüentemente utilizados. A escolha das instituições não visou à obtenção de um panorama representativo de épocas, estilos ou materiais empregados. Para que panoramas deste tipo fossem obtidos, seria necessária uma pesquisa detalhada acerca das instituições existentes. Pretendeu-se, apenas, estabelecer contato com a realidade de algumas escolas, de forma a enriquecer a pesquisa de uma forma geral e subsidiar as entrevistas a serem feitas posteriormente.

Sendo assim, foram escolhidas as seguintes instituições:

- E. M. Dilermando Cruz – possui três blocos construídos em épocas distintas;
- CIEP Yuri Gagarin – exemplo de tipologia com características muito marcantes e cujo número de unidades é bastante representativo;
- E.M. Tia Ciata - representante do modelo arquitetônico atualmente implantado pela Prefeitura e, por este motivo, mais detidamente observado.

Cada instituição foi visitada uma única vez, utilizando-se duas ferramentas de análise concomitantemente:

**Observação sistemática** – a instituição foi percorrida sendo realizados os seguintes registros: fotografias, preenchimento de tabelas previamente elaboradas para registro dos materiais utilizados em cada ambiente, impressões da pesquisadora (adequações e inadequações, estado de conservação e limpeza, patologias, etc.).

**Entrevista semi-estruturada** – aplicada à direção da escola ou representante, realizada em parte durante o percurso, aproveitando a presença nos ambientes, e complementada posteriormente. Esta dinâmica foi possível nas escolas Dilermando Cruz e Ciep Yuri Gagarin, onde houve visitas acompanhadas. Na E. M. Tia Ciata a pesquisadora percorreu sozinha a edificação e a entrevista foi realizada posteriormente. As perguntas foram relativas aos materiais empregados na edificação como: conforto térmico, acústico e visual, além do desempenho específico dos materiais quanto à adequação ao uso, durabilidade, segurança e facilidade de limpeza.

Com essa variação de dinâmica, foi possível observar que, onde a entrevista pôde se desenrolar durante o percorrer dos ambientes, houve maior riqueza de informações fornecidas pelo entrevistado. Por outro lado, as anotações quanto às observações do observador ficaram prejudicadas, sendo os registros complementados imediatamente após o término das visitas. Para uma tomada de dados mais criteriosa, certamente que seria necessário maior número de visitas. No entanto, para os resultados pretendidos, julgou-se suficientes os dados coletados.

#### 4.2.1. Escola Municipal Dilermando Cruz

Endereço: Av. Teixeira de Castro, 407 – Bonsucesso  
Última reforma geral: 1997

Inauguração: 1950  
Realização da visita: 09/10/2007

Fonte: *Google Earth* em 26/04/2008



Figura 07: E.M. Dilermando Cruz – Planta de Localização

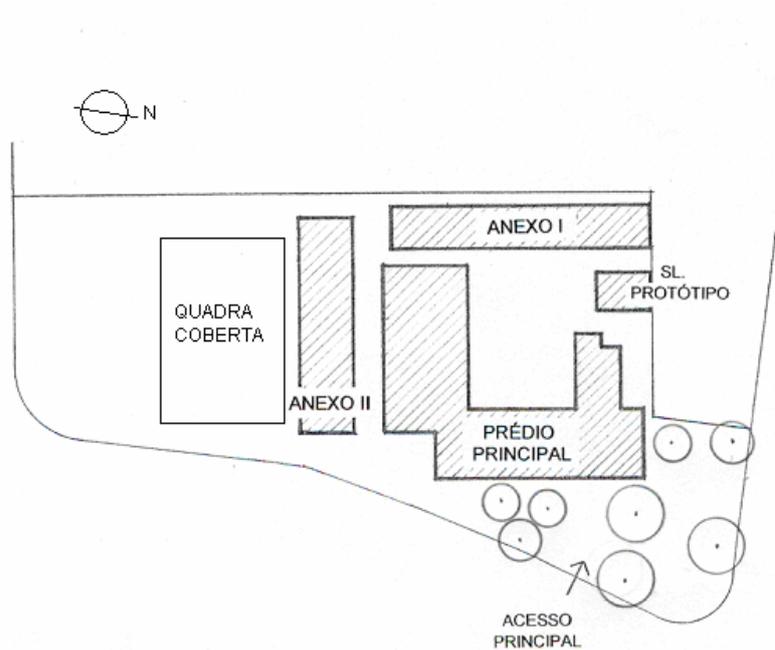


Figura 08: E.M. Dilermando Cruz - Planta de Situação Esquemática

Fonte: a autora



Figura 09: Acesso principal

A escola é composta por um conjunto de edificações que foi sendo formado ao longo do tempo. O Prédio Principal, onde originalmente funcionava uma creche destinada à população do conjunto habitacional vizinho, foi construído em alvenaria cerâmica convencional com revestimento em argamassa e pintura, concreto moldado “in loco”, cobertura com telha cerâmica, esquadrias externas de ferro e portas internas de madeira com pintura.

Fonte: a autora



Figura 10: Blocos construídos posteriormente, Anexo I (esquerda) e Anexo II (direita)

Posteriormente foi construído bloco de salas de aula (Anexo I) na mesma linha construtiva do prédio original mas de qualidade bastante inferior. Recentemente, em 2002, houve a construção de novo bloco (Anexo II) onde foi feita uma adaptação do padrão construtivo das escolas atualmente construídas pela prefeitura (Escola Padrão) às características dominantes nos prédios existentes: alvenaria cerâmica convencional revestida, estrutura metálica, cobertura com telha cerâmica, esquadrias externas de ferro e portas internas de madeira com pintura.

**Quadro 07: E.M. Dilermando Cruz - Quadro Simplificado de Materiais**

<b>Ambientes</b>	<b>Piso</b>	<b>Paredes</b>	<b>Teto</b>
<b>Recepção</b>	cerâmica	Pastilha + argamassa com pintura	Argamassa com pintura
<b>Administração</b>	cerâmica	Argamassa com pintura	Argamassa com pintura
<b>Salas de aula</b>	Monolítico de alta resistência <sup>80</sup>	Argamassa com pintura e rodameio em madeira	Argamassa com pintura ou laje tipo <i>steel deck</i> <sup>81</sup>
<b>Circulações horizontais</b>	Ladrilho hidráulico ou monolítico de alta resistência	Cerâmica + argamassa com pintura ou argamassa com pintura em toda a altura	Argamassa com pintura ou laje tipo <i>steel deck</i>
<b>Circulações verticais</b>	borracha	Pastilha + argamassa com pintura ou argamassa com pintura em toda a altura	Argamassa com pintura

<sup>80</sup> Este piso é executado em argamassa de alta resistência composta por cimento e agregados rochosos de alta dureza, dimensionados granulometricamente.

<sup>81</sup> O Steel Deck é uma laje composta por uma telha de aço galvanizado e uma camada de concreto. O aço, excelente material para trabalhar a tração, é utilizado no formato de uma telha trapezoidal que funciona como fôrma para o concreto (dispensando escoramento) e como armadura positiva para as cargas de serviço.

<b>Sanitários e vestiário</b>	Monolítico ou cerâmica	Azulejo branco + pintura ou azulejo branco até o teto	Argamassa com pintura ou forro de PVC
<b>Pátio descoberto</b>	cimentado	-	-
<b>Refeitório</b>	Monolítico de alta resistência	Azulejo branco + argamassa com pintura	Argamassa com pintura
<b>Cozinha</b>	cerâmica	Azulejo + argamassa com pintura	Argamassa com pintura
<b>Biblioteca</b>	cerâmica	Argamassa com pintura	Argamassa com pintura
<b>Auditório</b>	Tacos de madeira	Argamassa com pintura	gesso
<b>Sala de informática</b>	vinil	Argamassa com pintura e rodameio em madeira	Argamassa com pintura

A escola apresenta níveis diversificados de conforto em suas instalações, estando esta variedade diretamente relacionada a outras decisões de projeto que não a escolha dos materiais, já que os três blocos foram executados basicamente com os mesmos materiais (a única diferença marcante é a presença da estrutura metálica no bloco mais recentemente construído).

O Prédio Principal (original) possui ambientes bastante agradáveis, com pé-direito alto, boa iluminação e ventilação. Como acréscimo, recebe o enorme benefício de árvores frondosas protegendo várias de suas salas

Fonte: a autora



Escada de acesso ao Pavimento Superior



Auditório



Sala de Informática



Circulação Interna

Figura 11: Interior do Prédio Principal

O segundo bloco construído (Anexo I) apresenta sérios problemas de conforto térmico e lumínico, sendo que a maior parte tem relação com dimensionamento dos ambientes, organização espacial e localização e dimensionamento dos vãos de ventilação e iluminação. A direção da escola tem planos de remediar parte deste desconforto com a instalação de condicionadores de ar de parede em todas as salas.

Fonte: a autora



Figura 12: Detalhes do Anexo I

O bloco recentemente construído (Anexo II) apresenta conforto intermediário se comparado aos demais. Fica a desejar em termos de localização (todas as suas salas têm janelas voltadas para a quadra de esportes) e “perde” indiscutivelmente para o Prédio Principal no que se refere a conforto térmico.

Fonte: a autora



Figura 13: Detalhes do Anexo II

O uso muito intenso é o traço mais marcante em toda a escola, principalmente das áreas de uso comum como circulações e sanitários. É evidente a aparência de melhor conservação e limpeza nos ambientes onde as paredes possuem revestimento cerâmico a

meia altura, todas as demais são muito sujas, inclusive nas salas de aula. Em função disso, parte destes revestimentos foi executado por iniciativa da direção da escola, que pretende estender a medida a outras paredes bastante castigadas (a escolha da cerâmica utilizada, se considerada a harmonia arquitetônica, é passível de críticas, mas o resultado em termos de conservação e limpeza é inquestionável).

Os sinais de vandalismo contribuem bastante para o aspecto pouco conservado das edificações. O vestiário junto à quadra de esportes é um dos ambientes em que mais se percebe estes sinais, ainda que recentemente construído (Anexo II). Também neste ambiente existem erros grosseiros de execução (figura 14), como a falta de sifão nos lavatórios, o registro do chuveiro instalado a uma altura absurda ou a divisória afastada do piso entre box de chuveiro e box sanitário (deixando que a água do chuveiro avance no box sanitário). A situação remete à relação entre a insatisfação do usuário com o ambiente construído e as agressões por ele dirigidas a este ambiente.



Fonte: a autora

Figura 14: Problemas de execução no vestiário do AnexoII

O piso monolítico em argamassa de alta resistência é o material de acabamento que melhores condições apresenta em superfícies tão solicitadas e/ou maltratadas. No entanto, nele puderam ser observadas muitas manchas em decorrência de limpeza insuficiente e inadequada. Já o piso cerâmico da recepção não resistiu à intensidade do uso e se encontra bastante desgastado.

Quanto à manutenção, a direção ressalta o transtorno causado pelas esquadrias de ferro devido à necessidade constante de pintura.

#### 4.2.2. CIEP Yuri Gagarin

Endereço: Av. dos Campeões, s/nº Bonsucesso  
Última reforma: data desconhecida p/ direção atual

Inauguração: 1987  
Realização da visita: 09/10/2007

Fonte: Google Earth em 26/04/2008



Figura 15: CIEP Yuri Gagarin – Planta de Localização

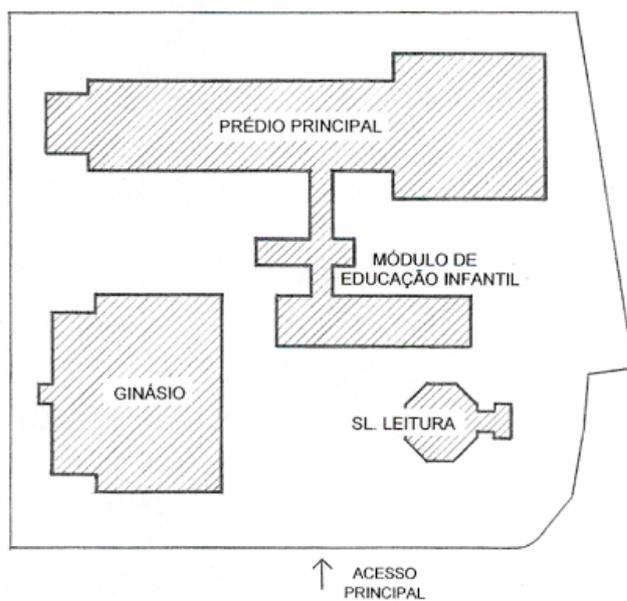


Figura 16: CIEP Yuri Gagarin - Planta de Situação Esquemática

Fonte: a autora



Figura 17: Fachada Posterior

Escola construída no modelo CIEP – Centro Integrado de Educação Pública, em pré-moldados de concreto, vedações e divisões internas em alvenaria cerâmica convencional, cobertura originalmente em laje impermeabilizada, hoje protegida por telhas de fibrocimento (como na maioria dos demais CIEP), janelas de alumínio e portas internas de madeira com pintura.

**Quadro 08: CIEP Yuri Gagarin - Quadro Simplificado de Materiais**

<b>Ambientes</b>	<b>Piso</b>	<b>Paredes</b>	<b>Teto</b>
<b>Administração</b>	cerâmica	Argamassa com pintura	Concreto com pintura
<b>Salas de aula</b>	Monolítico de alta resistência	Argamassa com pintura	Concreto com pintura
<b>Circulações horizontais</b>	Monolítico de alta resistência	argamassa com pintura	Concreto com pintura
<b>Rampa</b>	Monolítico de alta resistência	argamassa com pintura ou concreto com verniz	Concreto com verniz
<b>Sanitários</b>	Monolítico de alta resistência	Azulejo com pintura + argamassa com pintura	concreto com pintura
<b>Pátio coberto</b>	concreto	Concreto + argamassa com pintura	Concreto
<b>Pátio descoberto</b>	Plaqueado de concreto	-	-
<b>Refeitório</b>	Monolítico de alta resistência	Azulejo branco + argamassa com pintura	concreto
<b>Cozinha</b>	Monolítico de alta resistência	Azulejo branco	Argamassa com pintura
<b>Biblioteca</b>	Monolítico de resistência	Argamassa com pintura	Argamassa com pintura
<b>Auditório</b>	Monolítico de alta resistência	Argamassa com pintura	Concreto com pintura

Os usuários apresentam as tradicionais queixas da edificação padrão CIEP: desconforto térmico e acústico. A direção tomou a iniciativa de pintar de branco os tetos dos pavimentos das salas de aula (antes em concreto aparente). Com isso, o conforto lumínico melhorou consideravelmente, ainda assim, mesmo que em dias claros, é necessário que as luzes permaneçam acesas.

Fonte: a autora



Circulação



Vista do teto da Sala de Aula



Sala de Aula



Sanitário Masculino

Figura 18: Interior do Prédio Principal

As salas sofrem um grande aquecimento pela insolação parcial (os módulos das janelas de alumínio são formados por um trecho em venezianas móveis e uma área menor em vidro fixo) e pela ventilação insuficiente, já que a tomada de ar exterior é feita unicamente através de venezianas e estas estão, em sua maioria, emperradas.

Todas as alvenarias internas do prédio principal receberam pintura com tinta óleo, em substituição à pintura acrílica original. O mesmo tipo de pintura cobre, inclusive, os azulejos dos sanitários. Percebe-se que esta foi uma escolha visando à manutenção da limpeza das paredes e à tentativa de controlar o vandalismo, que inclui pichações internas. Mais uma vez, fica caracterizada uma decisão discutível quanto à arquitetura (e também quanto à qualidade do ar interior), mas não resta dúvida de que a meta pretendida foi alcançada: as paredes da escola estão limpas.

Pode ser observado que os tons de cinza utilizados no piso monolítico de alta resistência das escolas construídas atualmente (Escola Padrão) são muito mais leves e agradáveis que o preto utilizado nos CIEP.

As coberturas dos anexos existentes no térreo (cozinha de um lado e salas atualmente destinadas à orientação educacional e psicológica do outro) têm grandes problemas de infiltração. Um outro ponto que chama a atenção é a arquitetura interna de um destes anexos (Orientação Educacional e Psicológica), bastante descaracterizada.

Fonte: a autora



Cozinha



Orientação Educacional e Psicológica

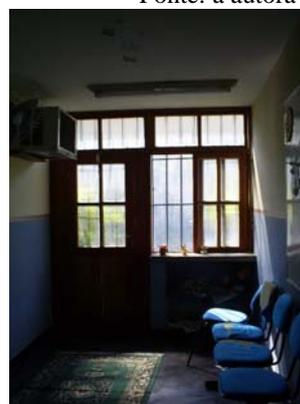


Figura 19: Anexos no Térreo

Cabe aqui um comentário quanto ao alto consumo de energia em um CIEP (kwh/aluno), que se comparado ao das demais tipologias arquitetônicas das escolas em funcionamento, apresenta valores bastante diferenciados<sup>82</sup>. Certamente que aliada aos

<sup>82</sup> Informação fornecida pela RioUrbe.

problemas relativos a conforto térmico e visual apresentados, a generosidade de áreas, característica deste projeto, tem sua parcela de contribuição para o alto consumo.

Buscando a redução de alguns problemas, foi elaborado o Projeto de Modernização dos CIEP, sob a supervisão do autor do projeto original – Oscar Niemeyer. O projeto está concluído mas ainda não chegou a ser executado, inclusive por esbarrar em questões orçamentárias, devido ao seu alto custo. Dentre uma série de modificações podem ser citadas a substituição das janelas de alumínio por modelos em PVC<sup>83</sup> e a inclusão de forro acústico de gesso nas salas de aula<sup>84</sup>.

#### 4.2.3. Escola Municipal Tia Ciata

Endereço: Avenida Presidente Vargas s/nº, Cidade Nova  
Realização da visita: 04/10/2007

Inauguração: 2004

Fonte: *Google Earth* em 26/04/2008



Figura 20: E.M. Tia Ciata – Planta de Localização

<sup>83</sup> Antes da utilização do PVC em quaisquer produtos, deve-se considerar a discussão existente acerca dos impactos causados por este material (ver item 4.3.3.).

<sup>84</sup> Estas modificações foram citadas em entrevista na RioUrbe.

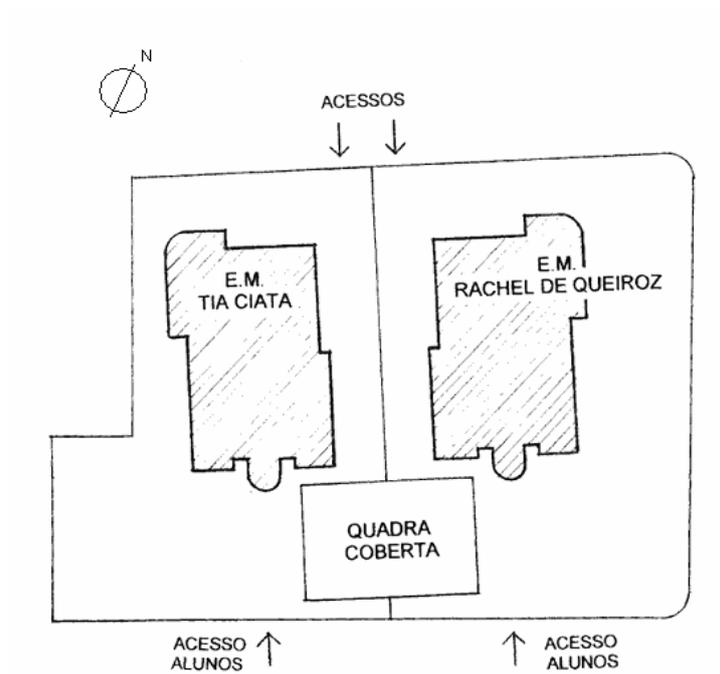


Figura 21: E.M. Tia Ciata - Planta de Situação Esquemática

Fonte: [www.rio.rj.gov.br/sme](http://www.rio.rj.gov.br/sme)



Figura 22: Fachada Principal

Construída segundo o projeto típico atual para as escolas da Prefeitura do Rio de Janeiro – a Escola Padrão – o modelo construtivo é formado por estrutura metálica, alvenaria cerâmica convencional, cobertura em telhas metálicas termoacústicas, janelas de alumínio e portas internas de madeira com pintura.

**Quadro 09:** E.M. Tia Ciata - Quadro Simplificado de Materiais

<b>Ambientes</b>	<b>Piso</b>	<b>Paredes</b>	<b>Teto</b>
<b>Administração</b>	Monolítico de alta resistência	Argamassa com pintura + divisórias	gesso
<b>Salas de aula</b>	Monolítico de alta resistência	Argamassa com pintura	laje tipo <i>steel deck</i>
<b>Circulações</b>	Monolítico de alta resistência	Cerâmica + argamassa com pintura	laje tipo <i>steel deck</i>
<b>Rampa</b>	borracha	argamassa com pintura	laje tipo <i>steel deck</i>
<b>Sanitários</b>	cerâmica	Cerâmica + azulejo branco	gesso
<b>Pátio coberto</b>	Monolítico de alta resistência	cerâmica + argamassa com pintura	laje tipo <i>steel deck</i>
<b>Pátio descoberto</b>	Plaqueado de concreto	-	-
<b>Refeitório</b>	cerâmica	Cerâmica + argamassa com pintura	Laje tipo <i>steel deck</i> e telha translúcida
<b>Cozinha</b>	cerâmica	Azulejo branco	Laje tipo <i>steel deck</i>
<b>Sala de leitura</b>	Monolítico de alta resistência	Argamassa com pintura	Laje tipo <i>steel deck</i>
<b>Sala de informática</b>	Monolítico de alta resistência	Argamassa com pintura	Laje tipo <i>steel deck</i>
<b>Auditório</b>	Madeira no palco e vinil na platéia	Argamassa com pintura	Laje tipo <i>steel deck</i>

Facilidade de limpeza e resistência ao uso intenso e ao vandalismo são características exigidas, a todo o momento, dos materiais aplicados em uma edificação escolar. Estas preocupações certamente estiveram presentes quando da seleção da maioria dos materiais utilizados na Escola Padrão: cerâmica de boa qualidade para as paredes e com resistência a tráfego intenso para os pisos, argamassa de alta resistência, peças de madeira robustas e de boa qualidade e esquadrias também de boa qualidade com perfis bem dimensionados.

É interessante observar certos cuidados relativos ao conforto, como o uso de telhas termoacústicas na cobertura e a utilização de alvenarias de uma vez no perímetro da construção<sup>85</sup>, medida adotada também nas demais divisões internas onde se julgou importante um melhor isolamento térmico e/ou acústico, como é o caso das paredes entre salas de aula. A utilização de telhas translúcidas em parte da cobertura do refeitório, já não foi tão feliz. Trouxe a iluminação natural para o ambiente, mas também o aquecimento

<sup>85</sup> Esta é uma definição de projeto que parece óbvia mas, infelizmente, nem sempre utilizada.

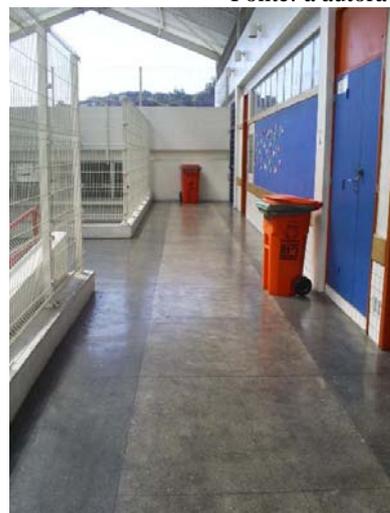
excessivo (pelos menos no caso da implantação neste sítio). Projetos padronizados são extremamente facilitadores sob alguns aspectos, mas podem gerar inconvenientes deste tipo. Por isso é tão importante que estes projetos possuam flexibilidade em questões relacionadas a variáveis locais; agregando assim, enorme valor à edificação. No caso citado, seria bom que houvesse duas ou mais soluções para a cobertura do refeitório, (variando quantidade e/ou posicionamento das telhas translúcidas).

Todas as circulações da escola, refeitório e pátio interno possuem revestimento cerâmico na faixa inferior (figura 23), o que permite a limpeza constante e a manutenção de uma ótima aparência. Nas rampas, onde por dificuldade de paginação da cerâmica, optou-se pela argamassa com pintura<sup>86</sup>, o resultado é o esperado: paredes bastante sujas. As arandelas que funcionam como balizadores nas rampas, apesar de reforçadas por proteção metálica (do tipo “tartaruga”), já foram bastante danificadas. Talvez o mais indicado fosse um modelo embutido.

Fonte: a autora



Circulação do 2º Pav.



Circulação do 3º Pav.

Figura 23: Circulações

Nos boxes sanitários utilizaram-se divisórias em mármore embutidas no revestimento e coladas entre si (figura 24). O sistema geralmente funciona satisfatoriamente, mas observa-se que, em uma escola, as ferragens não podem ser

<sup>86</sup> Segundo equipe de projeto da RioUrbe.

dispensadas. Vale sempre reafirmar que o custo a ser monitorado é o do ciclo de vida da edificação e não o de construção.

Fonte: a autora



Figura 24: Boxes sanitários

Fonte: a autora



Cozinha



Auditório

Figura 25: Vistas do interior do prédio

Uma questão que, infelizmente, deixa muito a desejar, é o controle da entrada de radiação solar nas salas de aula. Existem grandes janelas de correr totalmente envidraçadas, sem proteção alguma. Inclusive, as esquadrias estão deliberadamente recuadas em relação à linha de fachada, pela intenção da instalação de brises, o que terminou por não ser efetivado por forças orçamentárias<sup>87</sup>. Como paliativo, os usuários optaram por bloquear parte da entrada do sol colando papéis nos vidros e mantendo as janelas fechadas no

<sup>87</sup> Segundo equipe de projeto da RioUrbe.

horário de insolação; o que está muito longe da obtenção de conforto, já que não impede satisfatoriamente a penetração da radiação e anula a ventilação (figura 26). Por outro lado, a chapa metálica perfurada que protege as janelas da administração, talvez seja uma solução interessante em relação a segurança, controle de radiação solar e ventilação<sup>88</sup> (figura 27).

Fonte: a autora



Figura 26: Sala de Aula



Figura 27: Janela da Administração, vistas interna e externa

A preocupação com a segurança é flagrante em todo o projeto: modelos de esquadrias, telas e chapas metálicas de proteção nas janelas, além do pátio coberto totalmente gradeado. A quantidade de grades existente nos leva à reflexão sobre tão complexo tema: a violência urbana em grandes cidades como o Rio de Janeiro. Reflexões à parte, o contexto ainda apresenta ao arquiteto mais um desafio: projetar um espaço convidativo, acolhedor, agradável... e seguro ao mesmo tempo. Ainda que projetada para a nossa triste realidade atual, a Escola Padrão consegue reunir um pouco de tudo isso.

<sup>88</sup> No dia da visita não foi possível observar o comportamento da chapa perfurada frente à insolação, mas foi constatado que o vento circulava sem dificuldade, mantendo os ambientes bem ventilados. O sistema merece exame mais detalhado.

Certamente que a feliz combinação de cores e texturas aliada ao excelente partido tirado da luz e da ventilação naturais contribuem bastante para este resultado.

Fonte: a autora

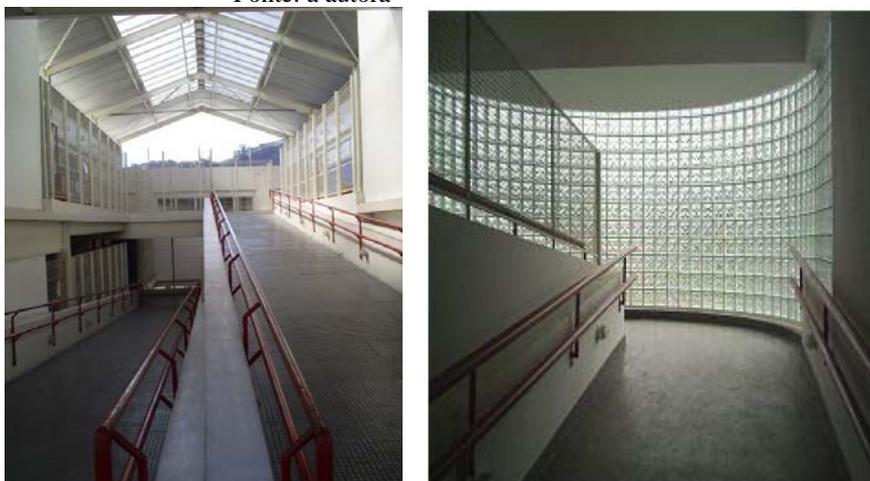


Figura 28: Circulações Verticais

Mesmo com todas as medidas de segurança tomadas, ainda se pode observar intervenções da direção neste sentido, como a colocação de grade na janela da secretaria e na porta da sala de informática.

Houve descolamento da cerâmica de revestimento em vários pontos das fachadas, mas percebe-se nitidamente que isto ocorreu nas regiões onde as vigas metálicas foram “envelopadas” com gesso acartonado em decorrência do perfil metálico utilizado. Quando consultada a este respeito, a equipe de projeto esclareceu que o artifício não mais foi necessário nas construções que vêm se seguindo. A E.M. Rachel de Queiroz, que divide o lote com esta escola, foi construída na mesma época e segundo o mesmo modelo, apresentando também o descolamento da cerâmica (figura 30).

Fonte: a autora



Figura 29: Fachada Lateral. Percebe-se claramente a marcação das vigas no revestimento

Fonte: a autora



Figura 30: Fachada Lateral da E.M. Rachel de Queiroz

Grande quantidade das placas de borracha que revestem a rampa estão descoladas (figura 31). Certamente que ali não deveria ter sido utilizado adesivo e sim placas argamassadas, mas com a finalidade de aplicar um piso de maior resistência, o projeto das unidades atualmente em construção reveste a rampa com granito serrado<sup>89</sup>.



Figura 31: Pavimentação da rampa

Fonte: a autora



Figura 32: Setor Administrativo

Muito interessante a solução de subdividir internamente o setor administrativo com divisórias (figura 32). A medida proporciona grande mobilidade e versatilidade a estes espaços.

A intenção do projeto é possibilitar a ventilação cruzada nas salas de aula mas, no dia da visita à instituição, foi observado que nenhuma das janelas altas voltadas para a circulação estava aberta, muito provavelmente por falta de conhecimento quanto à importância desta medida (sem descartar a questão acústica). Também foi valorizado pelo

<sup>89</sup> Segundo a equipe de projeto da RioUrbe.

projeto o uso de capacho nos acessos da edificação, através de execução de rebaixo no piso para acomodar adequadamente o tapete. Esta importante medida tem relação direta com as condições sanitárias dos ambientes e qualidade do ar interior. Um deles (correspondente ao acesso realmente utilizado no dia-a-dia) está totalmente danificado pelo uso e não cumpre mais sua função. Apesar do custo irrisório, a substituição ainda não foi providenciada, certamente por desconhecimento de sua importância. Ações inadequadas como as relatadas, poderiam ser evitadas se a entrega da edificação à Secretaria de Educação incluísse o Manual do Usuário, documento que orienta quanto à operação e à manutenção da edificação.

A existência de grande quantidade de murais nas salas de aula traz benefícios educacionais e acústicos. Ficando-se a desejar um acabamento de teto que também trabalhe contra a reverberação dos sons produzidos em sala, já que a superfície existente é a mais inadequada possível em se tratando de acústica: a chapa metálica do *steel deck*.

Quanto aos murais, vários deles já estão bastante desgastados por uma limpeza claramente inadequada. Aliás, a limpeza nas instituições públicas escolares representa tema de estudos que merece sério aprofundamento em prol das condições sanitárias dos ambientes (incluindo a importante questão da qualidade do ar interior) e da durabilidade dos materiais ali empregados. Envolve a pesquisa dos produtos de limpeza mais adequados (inclusive menos tóxicos)<sup>90</sup> e a capacitação das equipes que realizam os serviços<sup>91</sup> através de um treinamento sério abrangendo as práticas adequadas. Campanhas periódicas de conscientização dos funcionários e alunos também são necessárias.

### **4.3. Entrevistas**

Com as entrevistas, pretendeu-se identificar que materiais estão presentes com maior frequência nas edificações, destinadas ao ensino fundamental, pertencentes à atual rede pública escolar da cidade do Rio de Janeiro. Buscou-se, além disso, levantar a opinião, quanto aos citados materiais, dos profissionais diretamente responsáveis por projetar, construir e manter estas edificações.

---

<sup>90</sup> A compra dos produtos de limpeza é feita pela Secretaria Municipal de Educação.

<sup>91</sup> A limpeza das instituições está a cargo da COMLURB, exceto na área de cozinha e refeitório (pelo menos nesta instituição), onde o serviço de limpeza é realizado por funcionário da cozinha.

Foram entrevistados funcionários da RioUrbe - Empresa Municipal de Urbanização, pertencentes às equipes responsáveis pelos seguintes serviços relativos às edificações de nossa rede pública de ensino:

- **projeto de arquitetura** – arquiteta Teresa Rosolem de Vassimon;
- **fiscalização de construção e reforma** – engenheiro José Milton Almeida Couto;
- **planejamento e fiscalização de serviços de manutenção** – arquiteta Maria do Carmo Ferreira dos Santos.

As entrevistas semi-estruturadas utilizaram perguntas diferenciadas para cada setor, conforme apresentado a seguir:

#### **4.3.1. Perguntas**

##### **Aplicadas ao profissional de projeto de arquitetura**

1. Nas edificações de nossa Rede Pública Municipal destinada ao Ensino Fundamental, que materiais são mais representativos? Vantagens e desvantagens de cada um deles? (em estruturas, vedações, esquadrias, coberturas, acabamentos de piso, acabamentos de parede e acabamentos de teto)
2. Dentre as tipologias existentes, alguma é mais problemática? Qual? Por quê?
3. Projeto Escola Padrão
  - 3.1. Quais as premissas consideradas para definição do sistema construtivo?
  - 3.2. A diversidade de condições locais gerou variações no projeto? Exemplos: pintura de elementos metálicos em bairros litorâneos, pátio coberto gradeado, etc.
  - 3.3. Quais os destaques positivos?
  - 3.4. Quais os destaques negativos?
  - 3.5. Existe manual do proprietário?
  - 3.6. Esclarecimento quanto às medidas tomadas para reverter, em projeto, algumas situações observadas na visita à E.M. Tia Ciata como: placas de borracha fixadas na rampa com adesivo, vigas metálicas “envelopadas”, descolamento de cerâmica na fachada, etc.
4. Que motivos têm causado a demolição de escolas?
5. Quanto às escolas construídas como provisórias e utilizadas por períodos longos e indeterminados, quais os problemas observados?
6. Quem decide sobre a necessidade de reforma nas escolas? Qual o critério utilizado?

### **Aplicadas ao fiscal de construção e reforma**

1. Nas edificações de nossa Rede Pública Municipal destinada ao Ensino Fundamental, que materiais são mais representativos? Qual sua opinião sobre estes materiais - principalmente quanto a facilidade de execução, obtenção de qualidade e minimização de perdas? (em estruturas, vedações, esquadrias, coberturas, acabamentos de piso, acabamentos de parede e acabamentos de teto).
2. Dentre as tipologias existentes, alguma é mais problemática quanto a execução e reforma? Qual? Por quê?
3. Projeto Escola Padrão
  - 3.1. Quais os destaques positivos?
  - 3.2. Quais os destaques negativos?
  - 3.3. Existem duas versões para o Projeto Escola Padrão: em estrutura metálica (unidades inicialmente construídas) e estrutura em concreto pré-fabricado (unidades em construção). Compare os dois sistemas quanto à execução.
4. O controle de qualidade é exigido de alguma forma das construtoras?
5. Gestão ambiental: A resolução Conama 307 (gestão de resíduos) é atendida? O agregado reciclado é utilizado nas obras?

### **Aplicadas ao profissional de planejamento e fiscalização de serviços de manutenção**

1. Quais os materiais mais problemáticos quanto à durabilidade e à dificuldade de manutenção? (em estruturas, vedações, esquadrias, coberturas, acabamentos de piso, acabamentos de parede e acabamentos de teto).
2. Dentre as tipologias existentes, alguma é mais problemática? Qual? Por quê?
3. Que motivos têm causado a demolição de escolas?
4. Qual a importância do manual do proprietário?
5. Quanto às escolas construídas como provisórias e utilizadas por período longo e indeterminado, quais os problemas apresentados?
6. Quem decide sobre a necessidade de reforma nas escolas? Qual o critério utilizado?
7. Existe algum programa de manutenção preventiva na Rede Pública Municipal destinada ao Ensino Fundamental?

## **4.3.2. Informações Obtidas nas Entrevistas**

### **4.3.2.1.O Projeto Escola Padrão**

Iniciado em 2001, o Programa de Modernização da Rede Pública Municipal de Ensino do Rio de Janeiro tem como uma de suas metas ampliar a rede escolar. Denominado Projeto Escola Padrão, o programa foi convertido em arquitetura entre 2001 e 2002 pela Coordenação de Projetos Especiais da RioUrbe, sendo Teresa Rosolem de Vassimon a autora do projeto arquitetônico.

O partido arquitetônico é caracterizado pela verticalização e concepção modular, visando à acomodação em diversos tipos de terreno e à implantação de equipamentos esportivos na área externa. Buscou-se, além disso, soluções construtivas que permitissem uma execução rápida e de qualidade, através da utilização de estrutura metálica, laje pré-moldada de concreto, cobertura metálica e gradis pré-fabricados. Especificamente nas escolas Rachel de Queiroz e Tia Ciata, duas das primeiras escolas construídas no modelo, foi adotada laje metálica autoportante (tipo *steel deck*).

Em uma segunda fase de projeto, as estruturas metálicas foram substituídas por pré-fabricados de concreto, visando à redução de custos. As escolas atualmente em construção seguem esta solução, sem que haja obra concluída.

Na execução das obras, devido à substituição do sistema estrutural, a velocidade que havia sido ganha através das experiências repetidas foi perdida, pois o processo inteiro sofreu alterações.

Nota: O profissional de fiscalização destaca a importância, para a execução da obra, da utilização do projeto padronizado. Através da repetição o processo vai se aprimorando, pois os problemas vão sendo conhecidos e evitados – eliminam-se os nós críticos. Assim, a agilidade da execução aumenta e diminuem prazos e custos.

#### 4.3.2.2.Reformas e Ampliações

Cada CRE (Coordenadoria Regional de Educação)<sup>92</sup>, responsável por um grupo de unidades de ensino, indica quais de suas unidades estão necessitando de serviços de reforma ou ampliação (em atendimento ao programa de necessidades atual ou à demanda local de alunos). Estas indicações entram para um planejamento de obras da Secretaria Municipal de Educação que é organizado com base nas prioridades.

#### 4.3.2.3.Substituição de Prédios

Trata-se de um processo em andamento, que visa a substituir uma série de edificações construídas no passado como provisórias. A demolição também pode acontecer para a construção de escolas maiores, pelo não atendimento à demanda atual.

#### 4.3.2.4. O Programa Conservando Escolas

O programa, criado há dez anos, veio suprir a necessidade da existência de uma equipe técnica dedicada à manutenção e à conservação<sup>93</sup> das escolas públicas municipais, visto que, anteriormente, estes serviços ficavam a cargo da direção das escolas.

A princípio foi feito um contrato em atendimento a emergências, onde a RioUrbe desempenhava o papel de fiscalizadora das obras, mas o sistema não se mostrou suficiente. Optou-se então por um contrato de manutenção para cada CRE, onde a Empresa contratada atua pelo prazo mínimo de 1 ano, ainda com a fiscalização da RioUrbe. O programa atua no atendimento a situações emergenciais, que possam gerar, por exemplo, falta de

---

<sup>92</sup> A Rede Pública Municipal de Ensino do Rio de Janeiro é coordenada pela Secretaria Municipal de Educação, formada por 10 Coordenadorias Regionais de Educação (CRE), abrangendo 1055 Unidades Escolares, 241 Creches, 20 Pólos de Educação Pelo Trabalho, 9 Núcleos de Artes, 12 Clubes Escolares, 1 Centro de Referência em Educação Pública, 1 Centro de Referência em Educação de Jovens e Adultos e o Instituto Helena Antipoff - Referência em Educação Especial (fonte: <http://www.rio.rj.gov.br/sme> )

<sup>93</sup> Buscando esclarecimento quanto ao real significado de algumas expressões muito em voga no vocabulário relativo à manutenção predial, recorreu-se a textos técnicos relativos ao Patrimônio Cultural imóvel ou construído: Segundo Mello Neto (1983), **preservação** é a expressão que parece reunir o significado mais amplo: expressa o desejo, a idéia ou a ação de perpetuar, eternizar ou dar permanência a mais longa possível, aos bens culturais. As duas faces da preservação seriam a **proteção** (entendida como sinônimo de amparo, salvaguarda e defesa – a legislação e a restauração são formas de proteção) e a **conservação** (pode ser entendida como a reiteração da manutenção – são trabalhos renovados, os cuidados repetidos e continuados). Na Carta de Burra (ICOMOS, 1980), o termo **conservação** designa os cuidados a serem dispensados a um bem para preservar-lhe as características. De acordo com as circunstâncias, a conservação implica ou não a preservação ou a restauração, além de manutenção. O termo **manutenção** designa a proteção contínua da substância (conjunto de materiais que fisicamente constituem o bem), do conteúdo e do entorno de um bem.

segurança, luz ou água; além de cumprir um planejamento elaborado pela Secretaria de Educação com base nas solicitações de cada CRE e nas vistorias realizadas pela Riourbe. Este planejamento vai sendo ajustado ao longo do ano, de acordo com a necessidade.

Os maiores problemas enfrentados são: falta de manutenção preventiva, vandalismo e roubo (principalmente cabos de cobre e esquadrias de alumínio). A expansão do programa, através da inclusão da manutenção preventiva, encontra-se em estudo.

A falta do manual do usuário é sentida pelos profissionais atuantes. Houve época em que, por solicitação da Secretaria Municipal de Educação, o Conservando Escolas organizava seminários educativos dos quais participavam profissionais do programa, da Secretaria, das CRE e diretores das escolas. Nem mesmo este paliativo tem sido aplicado atualmente.

Além da programação anual atendida pelo programa, eventualmente acontece a criação de programas especiais, em socorro a elementos constantemente necessitados de manutenção, como coberturas, muros e calçadas.

Existe uma peculiaridade, principalmente das escolas construídas no subúrbio e na zona oeste, onde edificações que possuem apenas um pavimento sofrem intenso pisoteio em suas coberturas, durante os finais de semana, devido à prática de soltar pipas. O problema causa a destruição das telhas e muitas infiltrações.

#### **4.3.2.5. Gestão da Qualidade e Gestão Ambiental**

Não é exigido que as construtoras apresentem seus sistemas de gestão de qualidade, nem tampouco de gestão ambiental, sendo constatada muito baixa qualidade em diversas obras.

Também não existe comprometimento quanto à utilização de agregados reciclados e à aplicação da Resolução Conama nº 307 (gestão de resíduos).

#### 4.3.2.6. Comentários dos Profissionais Entrevistados Sobre Alguns Materiais

**Quadro 10:** Estruturas

<b>Material</b>	<b>Comentários</b>
<b>concreto moldado “in loco”</b>	- dificuldade de controle tecnológico nas escolas da rede, resultando em obras de má qualidade e necessidade freqüente de recuperação estrutural - execução demorada
<b>concreto pré-fabricado</b>	- ótimo controle de qualidade de fabricação das peças - excelente velocidade - nas Escolas Padrão, apresentou 20% de economia em relação á estrutura metálica* - garante maior qualidade da obra - a falta de alternativas no mercado de fornecedores pode ser um problema. No caso da Escola padrão, uma única empresa tem ganhado todas as concorrências - os pré-moldados dos CIEP apresentam necessidade freqüente de recuperação estrutural
<b>estrutura metálica</b>	- garante maior qualidade da obra - é o sistema que exige maior manutenção - opções variadas de fornecedores - no projeto padrão, optou-se por aço corten <sup>94</sup> , por isso a pintura tem apenas fins estéticos
<b>alvenaria armada</b>	- caiu em desuso - execução mais demorada

\* Considerando apenas o custo das estruturas e não os impactos que cada solução causou às demais atividades da obra.

**Quadro 11:** Vedações

<b>Material</b>	<b>Comentários</b>
<b>bloco cerâmico</b>	- é utilizado na maioria dos projetos - existem blocos de boa qualidade no mercado - fiscalização destaca a importância da valorização de sistemas que propiciem maior rapidez e mobilidade que a alvenaria convencional.
<b>bloco de concreto</b>	- há muito não é utilizado em projeto. - às vezes, é pleiteado pelo empreiteiro devido ao rigor dimensional, assim economizando emboço.
<b>outros</b>	- drywall – às vezes utilizado em reformas e adaptações pela velocidade de execução, leveza, etc. - concreto celular – já utilizado em acréscimo com estrutura metálica, pela velocidade de execução.

<sup>94</sup> Trata-se de aço estrutural de alta resistência à corrosão atmosférica, composto pela mistura de várias ligas como, Cu, Ni, Cr, etc, sendo por isso conhecido como aço de BAIXA LIGA. São largamente utilizados no Brasil e conhecidos pelos seus nomes comerciais: Niocor, COS-AR-COR, SAC e mais genericamente como CORTEN.

## Quadro 12: Esquadrias

Material	Comentários
<b>madeira</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- as janelas “tipo <i>Miami</i>”<sup>95</sup> ainda funcionam relativamente bem desde a década de 60. Há caso onde a direção da escola as substituiu por modelos similares em alumínio e estas logo estavam amassadas</li><li>- a madeira com pintura esmalte é utilizada em portas internas de uma forma geral, há exceções muito raras</li></ul>
<b>aço</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- material da grande maioria das janelas da rede</li></ul>
<b>alumínio</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- atualmente essas esquadrias têm sido alvo freqüente de roubos. Ex.: vãos inteiros de esquadrias dos CIEP</li></ul>
<b>PVC</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- ainda não foi utilizado em projeto para construção</li><li>- a substituição das janelas de alumínio por modelos em PVC faz parte do Projeto de Modernização dos CIEP<sup>96</sup></li><li>- atualmente o “Conservando Escolas” também está substituindo as janelas de madeira de uma escola em Copacabana por modelo em PVC</li></ul>

## Quadro 13: Coberturas

Material	Comentários
<b>telha cerâmica</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- procura-se manter a telha cerâmica em prédios reformados, mas existe certa resistência de alguns profissionais quanto a isto, pela questão de manutenção.</li><li>- de acordo com o “Conservando Escolas”, a necessidade de manutenção em coberturas cerâmicas vem mais em função da idade da construção que pela fragilidade do material</li><li>- telha canal – tem acontecido processo de escorregamento das telhas. As substituições necessárias são feitas e a linha de beiral amarrada.</li><li>- telha francesa – mais sujeita a vazamentos</li></ul>
<b>Telha metálica</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- freqüentemente utilizada, problemática apenas onde há pisoteio</li><li>- a cobertura do projeto padrão utiliza telhas metálicas em sanduíche (termoacústicas)</li></ul>
<b>Laje impermeabilizada</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- atualmente procura-se utilizá-la apenas em pequenos trechos.</li><li>- os problemas com manutenção são grandes: Em praticamente todos os CIEP da prefeitura, o prédio principal acabou sendo coberto com telha de fibrocimento. Os anexos laterais (cozinha e consultórios), originalmente impermeabilizados, sempre foram focos de infiltrações. Com a intenção de resolver a questão, as lajes passaram a ser cobertas por telhas metálicas, mas estas duraram muito pouco em função do pisoteio. Na atualidade, os telhados estão sendo retirados e as impermeabilizações estão voltando a ser feitas.</li></ul> <p>A cobertura impermeabilizada das “Escolas do Lelé”<sup>97</sup> é composta por peças pré-moldadas e encaixadas. Assim como os painéis verticais, esta cobertura muitas vezes sofre com a movimentação do terreno, agravando ainda mais o problema enfrentado pelas lajes impermeabilizadas. A maioria também foi coberta com telhado.</p>

<sup>95</sup> Estas janelas são formadas por módulos de venezianas móveis de madeira.

<sup>96</sup> Foi elaborado recentemente o Projeto de Modernização dos CIEP que visa à solução de alguns problemas como a substituição das janelas e a instalação de forro acústico de gesso.

<sup>97</sup> Ver item 4.4.1.(pg 127).

<b>Em geral</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a previsão de acesso à cobertura é indispensável, muitas vezes mais decisivo na avaliação da facilidade de manutenção que o material utilizado.</li> <li>- a questão da pipa em prédios de um pavimento representa sério problema, não apenas para as telhas cerâmicas e sim para qualquer material empregado.</li> </ul>
-----------------	--

#### Quadro 14: Acabamentos de Piso

<b>Materiais</b>	<b>Comentários</b>
<b>monolítico de alta resistência</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- desempenho excelente</li> <li>- requer mão-de-obra especializada, sempre subempregada.</li> <li>- existe o monolítico em placas, excelente qualidade e assentado com facilidade, mas por enquanto é muito caro.</li> <li>- a execução “<i>in loco</i>” requer grande volume de água</li> <li>- em muitas escolas, o piso é lavado abundante e constantemente (prática inadequada).</li> <li>- em caso de reforma, trata-se de execução problemática com a unidade em funcionamento, principalmente no momento do polimento a seco. No entanto, são poucos os casos de necessidade de recomposição deste material em reformas(excelente durabilidade), exceto por mudança de <i>layout</i>.</li> </ul>
<b>cerâmica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- atualmente utiliza-se com frequência a cerâmica resistente a tráfego intenso em sanitários, área de cozinha e refeitório, com excelentes resultados</li> <li>- é freqüente a necessidade de substituição nas escolas mais antigas. O “Conservando Escolas” vem procurando especificar os mesmos materiais utilizados nas construções novas.</li> </ul>
<b>vinil</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- uso bastante restrito, devido á durabilidade reduzida.</li> <li>- utilizado no projeto padrão no auditório e sala de informática</li> </ul>
<b>madeira</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- muito raramente ainda existe esta pavimentação, mesmo nas escolas mais antigas</li> <li>- usada em palcos elevados, como é o caso do auditório do projeto padrão.</li> </ul>
<b>borracha</b>	Usada nas rampas do projeto padrão, está sendo substituída em projeto pelo granito serrado, em busca de maior durabilidade.

#### Quadro 15: Acabamentos de Parede e Teto

<b>Materiais</b>	<b>Comentários</b>
<b>argamassa com pintura</b>	- É o acabamento utilizado na maior parte das paredes e tetos de qualquer escola da rede pública. Em locais de uso intenso as superfícies são extremamente castigadas.
<b>cerâmica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- utilizada cada vez mais em trechos de parede mais solicitados. Começa a acontecer, inclusive, no programa Consevando Escolas</li> <li>- nas escolas padrão está havendo problema de descolamento de cerâmica da fachada, ela não é vitrificada, possuindo assim, coeficiente de absorção maior. O material exige execução esmerada (traço adequado da argamassa , juntas de dilatação, etc.)</li> </ul>
<b>gesso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- utilizado com frequência apenas na área administrativa ou quando necessário devido a instalações de esgoto do pav superior</li> <li>- o projeto de modernização do CIEP prevê gesso acústico (perfurado) nas salas de aula</li> </ul>

<b>forro acústico</b>	<p>- por enquanto, o único tratamento acústico dado a tetos está incluído no projeto de modernização dos CIEP que apresentam problemas acústicos graves. A equipe de projeto da Riourbe tem plena consciência da importância da questão mas este é um valor que ainda não foi agregado às edificações por esbarrar em questões financeiras.</p> <p>- outra grande preocupação é quanto ao perigo causado por certos sistemas, caso não recebam a manutenção adequada. Existem várias escolas com forro em PVC colocados pela diretoria ou pelo programa Conservando Escolas em substituição aos forros removíveis de madeira das escolas FOM (estrutura com placas apoiadas). As edificações trabalham muito e as placas começam a cair, causando perigo</p>
-----------------------	--

#### **4.4. As Escolas Provisórias**

Aqui serão feitos alguns esclarecimentos quanto a dois projetos padronizados que deram origem, no passado, à construção de diversas unidades educacionais consideradas provisórias, sendo que muitas delas continuam em funcionamento. Estes modelos têm algumas especificidades e causam uma série de problemas que merecem ser observados.

##### **4.4.1. “Escolas do Lelé”**

O projeto, do arquiteto João Filgueiras Lima (conhecido como Lelé), possuiu caráter experimental. Foi idealizada uma edificação a ser implantada no interior do país, área de cerrado, onde existem condições climáticas inteiramente diversas às do Rio de Janeiro. O prédio foi concebido em pré-moldados de argamassa armada, procurando atender a demanda com flexibilidade espacial, rapidez e baixo custo na construção. Previa-se também a utilização de mão-de-obra local, já que a especialização técnica era necessária apenas no processo de fabricação dos componentes (SILVEIRA, 2001).

Na década de 80, na tentativa de atender com rapidez uma demanda crescente, foram construídas, em caráter provisório, 200 unidades distribuídas pelo estado do Rio de Janeiro. No ano de 2001, em nosso município, 100 destas unidades ainda se encontravam em funcionamento (SILVEIRA, 2001).

O fechamento da Fábrica de Escolas (onde os pré-moldados eram produzidos) em 1987, por razões técnico-administrativas, tornou a manutenção destas unidades extremamente difícil.

As unidades educacionais cujas edificações foram construídas nesse modelo vêm sendo substituídas a partir de um planejamento da Secretaria Municipal de Educação. Este é o caso da E.M. Tia Ciata que, inclusive, não mais atendia a demanda local de alunos.

O Programa Conservando Escolas enfrenta uma série de problemas nessas edificações. Provavelmente devido ao caráter provisório de suas construções, apresentam frequentes problemas de movimentação do solo. A questão se torna ainda mais grave ao considerarmos que a edificação é executada principalmente por meio de encaixes, já tendo ocorrido, inclusive, a queda de painéis verticais de vedação. A movimentação das peças de cobertura também prejudica bastante a estanqueidade da impermeabilização, somando-se à ação das intempéries e ao pisoteio nos finais de semana (questão das pipas). Para resolver o problema optou-se pelo telhamento dessas edificações. Inicialmente, utilizaram-se telhas metálicas simples (em galvalume)<sup>98</sup>, os resultados foram bons. Em fase posterior, optou-se pelo uso de telhas a base de betume e fibras vegetais, com acabamento resinado. O resultado foi desastroso (figura 33). A edificação é baixa, de fácil acesso e o material se apresentou muito frágil. Praticamente todos estes telhados estão sendo refeitos (com telha metálica). Outro comentário relativo às telhas em fibras vegetais, é que em decorrência de suas características técnicas, elas exigem madeiramento muito pesado, o que causa excessivo gasto de peças e sobrecarregamento da estrutura.

Fotos cedidas pela Riourbe



Figura 33: Telhas de fibras vegetais em cobertura de escola tipo “Lelé”

<sup>98</sup> Trata-se de aço protegido por liga especial principalmente composta por alumínio e zinco. Inicialmente, era necessário importar este material. Na atualidade, a Companhia Siderúrgica Nacional – CSN já o produz e declara que sua liga Al-Zn tem uma composição de 55% Al – barreira protetora, 45% Zn – proteção galvânica e 1,4% Si – responsável pela aderência da liga ao aço. A sua alta refletividade resulta em maior eficiência térmica e, segundo a CSN, o produto recebeu a certificação americana “Energy Star” por contribuir para a redução do consumo de energia.

#### 4.4.2. “Escolas FOM”

A Fundação Otávio Mangabeira (F.O.M.) existiu durante o Governo de Carlos Lacerda (1961/1965), com o objetivo de viabilizar obras sociais através do patrocínio conseguido junto à iniciativa privada. Seus projetos destinaram-se exclusivamente à área de escolas de 1º grau, devido ao programa de reestruturação e expansão do ensino básico do Governo Estadual, para acabar com o déficit escolar existente. Posteriormente estas escolas passaram para a rede municipal.

O modelo conhecido como “FOM” foi aplicado em construções da década de 60 com caráter provisório. A técnica construtiva empregada compreende uma estrutura leve de aço com vigas em treliças apoiadas em colunas revestidas por perfis de alumínio anodizado. Na vedação das paredes são utilizados painéis especiais de fibrocimento que formam um “sanduíche” com 8cm de espessura “recheado” com poliestireno. A cobertura, em alumínio ondulado, é ventilada por sobre toda a altura das treliças. As esquadrias, também fabricadas pela empresa montadora, acompanham a modulação de 1,00m dos painéis de fibrocimento (EHRLICH, 2002). Diversas unidades se mantêm em funcionamento, sendo que no ano de 2001 restavam 28 (SILVEIRA, 2001). É importante destacar a preocupante presença do amianto nos painéis de vedação.

O Programa Conservando Escolas atua mais freqüentemente nas escolas “FOM” para manutenção de telhados, instalações elétricas e substituição de forros.

A partir do conhecimento de que materiais são utilizados com maior freqüência na rede pública de ensino da cidade, o próximo capítulo examinará mais de perto alguns deles.

Considerando que o exame de cada um dos materiais aqui citados seria muito vasto, e que os recortes mais adequados seriam o enfoque nos materiais construtivos propriamente ditos (estruturas, vedações, coberturas e esquadrias) ou nos materiais de acabamento (revestimentos de pisos, paredes e tetos), optou-se pelo segundo grupo, ainda por uma questão de dimensionamento da pesquisa.

## **Capítulo 5 – O Exame de Alguns Materiais de Acabamento**

Aqui serão examinados alguns materiais de acabamento (revestimentos de pisos, paredes e tetos) frequentemente utilizados nas escolas públicas de ensino fundamental da cidade do Rio de Janeiro, tendo como parâmetros as características desejáveis apontadas no terceiro capítulo:

1. Desempenho Térmico
2. Desempenho Visual
3. Desempenho Acústico
4. Promoção da Qualidade do Ar
5. Durabilidade
6. Otimização do Consumo de Recursos Naturais
7. Reutilização
8. Reciclagem
9. Conteúdo Energético
10. Proteção ao Meio Ambiente
11. Disponibilidade de Recursos
12. Regionalidade
13. Responsabilidade Social dos Fabricantes

Inicialmente, julgou-se adequado que fossem incluídas algumas recomendações quanto à seleção destes acabamentos para a edificação escolar.

### **5.1. Os Cuidados na Seleção dos Acabamentos**

#### **Pisos**

Estas são as superfícies mais exigidas em termos de durabilidade e facilidade de limpeza. Os acabamentos de piso utilizados em edificações escolares devem ser duráveis, para suportar o uso intenso sem requerer freqüentes reposições, fáceis de limpar, confortáveis, saudáveis, agradáveis visualmente e que contribuam para a obtenção de ambientes adequados ao uso. Deve-se evitar ainda, a utilização de materiais com muitas juntas que favoreçam o acúmulo de sujeira/umidade. Baseado no custo do ciclo de vida,

materiais com alto custo inicial, contanto que aplicados em condições que também permitam alta durabilidade, são perfeitamente justificados, especialmente em áreas de uso intenso.

Devem ser selecionados materiais disponíveis localmente, valorizando as reservas regionais e reduzindo o transporte e, preferencialmente, com conteúdo reciclado ou reciclável. Consideram-se também os produtos de limpeza e manutenção a serem utilizados durante a vida útil da pavimentação.

A seleção do tipo de pavimentação afeta conforto térmico, acústico e visual, estando estes fatores diretamente ligados ao desempenho acadêmico.

De acordo com o NBPM-BHPS (2002), nos EUA o acabamento de piso mais utilizado em ambientes pedagógicos é o carpete, pelos benefícios por ele oferecido em termos de conforto térmico e acústico. Já para a realidade climática e socioeconômica em que se encontram inseridas as escolas públicas da cidade do Rio de Janeiro, este material se mostra completamente inviável. O que se vê, na prática, é a utilização de pavimentação rígida em praticamente toda a edificação, em prol de características não mais importantes que o bom desempenho acústico, mas, quem sabe, de maior urgência: como a durabilidade, a facilidade de limpeza e a simplicidade de manutenção. Fica-se a desejar opção de pavimentação que, além das demais, também atenda a questão acústica.

Sendo assim, são perfeitamente compreensíveis as recomendações do IBAM (1996), quando alerta que os ambientes dos conjuntos pedagógico e de vivência tendem a apresentar, com o uso, desgaste excessivo do piso. Conseqüentemente, recomenda que sejam especificados materiais de grande durabilidade, como os pisos monolíticos de alta resistência, com juntas plásticas, que podem ser usados em toda a escola.

Outro aspecto a ser considerado é que os acabamentos com superfícies porosas e macias, apesar de oferecerem a vantagem incontestável da absorção acústica, apresentam o inconveniente de facilitar o acúmulo de microorganismos e partículas prejudiciais á saúde, contribuindo para infecções e reações alérgicas.

A questão de acústica é crítica em edificações escolares, especialmente nas salas de aula. Determinadas pavimentações podem fornecer alguma contribuição ao desempenho acústico das salas sem chegarem a ser completamente inadequados sob o

ponto de vista das demais características pretendidas. No entanto, é indiscutível a queda de desempenho, sendo por isso, a especificação restrita a casos muito específicos. É o caso do piso vinílico que, se tiver 3mm de espessura, poderá contribuir para a absorção do som, mas cuja durabilidade será bastante inferior à de outros materiais refletores (existe ainda o prejuízo causado à qualidade do ar interno se a cola utilizada para fixação for inadequada). A madeira, da mesma forma, dará uma pequena contribuição à absorção, o que não compensa o quanto deixará a desejar em termos de custo e praticidade de manutenção. Percebe-se assim que, considerando os materiais disponíveis no mercado nacional para revestimento de piso, especialmente para as salas de aula, não se pode contar com contribuições muito significativas na área de desempenho acústico.

Acabamentos de piso com altos índices de reflexão luminosa permitem o melhor aproveitamento da luz, recomenda o CHPS (2006, v.2). Esta questão deve ser avaliada de acordo com as características locais. Considerando a intensa luminosidade do céu do Rio de Janeiro, deve-se cuidar para que a reflexão não cause ofuscamento aos usuários. Torna-se mais indicado o uso de cores intermediárias, como o cinza, frequentemente utilizado em nossas escolas.

Importante também é o cuidado na utilização de adesivos, rejuntas e selantes com baixo teor de toxicidade. Imprescindível, na busca por este resultado, é o acesso a testes relativos às emissões destes produtos. Estas escolhas minimizam os níveis de poluição interna e de riscos à saúde tanto dos instaladores quanto dos usuários.

Argamassas de cimento, usualmente modificadas com aditivos acrílicos, são as mais seguras em termos de pega e fixação, oferecendo melhor desempenho para a maioria das aplicações. Todos os adesivos plásticos contêm algum solvente e vão contribuir para a poluição do ar interno. Onde adesivos e rejuntas têm que ser utilizados, tais como juntas flexíveis, devem ser escolhidos produtos com baixo teor de emissão tal como o acrílico. Base cimentícia, base celulósica e rejunte acrílico são seguros e oferecem baixas emissões (CHPS, 2006, v.2). A consulta à FISPQ (Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico) desses produtos é essencial na fase de especificação.

O uso de capachos em todas as entradas auxilia bastante na ampliação da vida útil do piso, na aparência e na proteção à qualidade do ar interno.

## **Paredes e Tetos**

Para o CHPS (2006, v.2), os acabamentos de paredes e tetos devem ser duráveis, de fácil limpeza, possuir conteúdo reciclado e ser recicláveis; além de contribuir para a obtenção de ambientes internos confortáveis e saudáveis. Paredes de salas de aula requerem muito espaço disponível para exposição de conteúdo e produções dos alunos. O tipo e a cor da superfície utilizada pelo professor deve também ser visualmente confortável e não prejudicar a exposição.

Ainda segundo o manual citado, em caso de utilização de papel de parede, este deve possuir conteúdo reciclado ou de fibras. Os revestimentos vinílicos são largamente utilizados (nos EUA), mas deve-se lembrar que são produzidos a partir do PVC, material altamente questionável.

Nos tetos deve-se evitar o uso de forros ou jateamentos que contenham asbesto, formaldeído ou sílica livre e cristalina devido à possibilidade de causar câncer e outros problemas respiratórios.

### **5.2. Revestimentos Cerâmicos para Pisos e Paredes**

O revestimento cerâmico faz parte da tradição arquitetônica brasileira, desde a chegada dos portugueses, com a técnica de fabricação de azulejos, até os dias de hoje, quando ainda se especifica cerâmica para as mais variadas situações. Com o passar dos anos, a produção nacional foi avançando em tecnologia e qualidade, sendo que atualmente o Brasil situa-se entre os quatro maiores produtores de cerâmica de revestimento do mundo, competindo nesse segmento com a China, a Espanha e a Itália. O setor representa importante papel na economia do país.

Os principais pólos industriais de cerâmica de revestimento situam-se na região sudeste (65 % da produção nacional), na região sul (24 % da produção) e na região nordeste (10 % da produção), sendo o pólo de Santa Gertrudes, no Estado de São Paulo, responsável por 60% de toda a produção nacional<sup>99</sup>. Não havendo a possibilidade de especificar materiais produzidos localmente, devem-se procurar as menores distâncias (desde que

---

<sup>99</sup> Informações obtidas na página da Internet pertencente ao Fundacentro, endereço: <http://www.fundacentro.gov.br>. Acesso em set. 2007

resguardada a qualidade do produto) no sentido de minimizar os altos impactos com o transporte.

O produto é fabricado a partir da argila, recurso considerado abundante no território nacional. A extração é feita a céu aberto, sem o uso de explosivos e não requer beneficiamento que gere liberações tóxicas. Nesta fase, o impacto mais significativo é o desmatamento (GRIGOLETTI e SATTLER, 2003). O CHPS (2006, v.2) ressalta que nos EUA, algumas fábricas já vêm procurando trabalhar com recuperação de calor e de água, assim como respeitar a proteção ao ecossistema atrelando o nível de exploração à capacidade local de regeneração. Neste sentido, o avanço das indústrias nacionais também pode ser notado, visto que algumas empresas já divulgam a adoção de medidas como: recuperação de áreas degradadas feita de forma eficiente e inovadora; utilização de gás natural em substituição ao carvão mineral; tratamento dos efluentes líquidos com reutilização da água e do resíduo (lodo) gerado na estação.

Os produtos cerâmicos destacam-se ainda pela facilidade de fabricação. Del Carlo e Kronka (2002) afirmam que, dentre os materiais construtivos, estes são os que requerem menor processo de industrialização para chegar até a obra.

O CHPS (2006, v.2), ao analisar a aplicação de diversos materiais em edificações escolares, classifica o revestimento cerâmico como um material com custo de ciclo de vida dentre os de menor valor, considerando os mais variados acabamentos destinados a todo tipo de aplicações. Isto devido à sua alta durabilidade e baixa manutenção. Também o considera um material capaz de atingir níveis nulos ou mínimos de emissões tóxicas na fase de utilização, lembrando que se deve ter cuidado com os produtos utilizados na manutenção destes revestimentos, pois estes sim, podem apresentar emissões tóxicas. Segundo o manual, a cerâmica é indicada como pavimentação para áreas de alto tráfego, onde o bom desempenho acústico não seja necessário, como acessos e sanitários.

O IBAM (1996) recomenda pisos cerâmicos esmaltados e antiderrapantes para sanitários, vestiários, cozinha e despensas. Também recomenda paredes com acabamento impermeável para sanitários, área de cozinha e refeitório; e semi-impermeável para ambientes pedagógicos.

Os manuais americanos alertam para o fato de que as cerâmicas importadas devem ser evitadas pois a esmaltação destes produtos pode conter chumbo que é tóxico e uma ameaça à saúde. Em relação aos produtos brasileiros, são grandes as dificuldades encontradas para obtenção de informações deste tipo<sup>100</sup>.

Uma outra desvantagem dos produtos importados é que estes possuem alto conteúdo energético decorrente do transporte. O CHPS (2006, v.2) destaca ainda, a preferência que deve ser dada aos produtos que possuam conteúdo reciclado, tais como refugo de vidro e resíduos das minas de feldspato, apesar de esclarecer que produtos assim manufaturados ainda apresentam custos mais altos no mercado americano. No Brasil, estes produtos ainda são raros, estando praticamente restritos a algumas iniciativas da produção artesanal; o que os torna inviáveis, pelo menos por enquanto, para nossas escolas públicas.

Cerâmicas esmaltadas e cozidas geralmente não necessitam de selantes. Se uma cerâmica porosa for especificada, os selantes mais seguros são os de baixa emissão de compostos orgânicos voláteis (COV): acrílico ou de silicone a base de água (CHPS, 2006,v.2). Deve-se seguir recomendação do fabricante quanto à necessidade do uso dessa proteção, de forma a se obter o melhor desempenho do material aplicado. Não apenas os selantes devem ser possuir baixo teor de emissões tóxicas, mas também adesivos e rejuntas, minimizando assim a carga de poluição do ar interno e o risco à saúde de operários e usuários.

Cerâmica é um produto que utiliza grande quantidade de embalagem. Deve-se dar preferência às recicláveis e atenção ao correto encaminhamento das mesmas.

### **5.3. Piso Monolítico de Alta Resistência**

Este piso é executado em argamassa de alta resistência composta por cimento e agregados rochosos de alta dureza, dimensionados granulometricamente, obedecendo à curva de Fuller<sup>101</sup>, de forma a permitir a obtenção de argamassas compactas, sem espaços

---

<sup>100</sup> Ao menos durante a realização desta pesquisa, não houve fornecedor contatado que tenha fornecido estas informações.

<sup>101</sup> No início do século XX, William Fuller e S.E. Thompson, a partir de dosagens experimentais, determinaram o perfil ideal de uma curva para obter a máxima compactação do concreto, englobando nesta curva o aglomerante e o agregado. O princípio para a composição e dosagem de uma argamassa com base na curva granulométrica está em obter uma argamassa trabalhável no estado fresco e que possua, no estado endurecido, uma compactidade elevada, com redução do volume de vazios. Fonte: Revista Pisos Industriais – Edição Esp. 01 – Argamassas cimentícias de alta resistência. Disponível em: <http://www.pisosindustriais.com.br/materias>.

vazios em sua estrutura, capazes de constituir pisos de alta resistência a esforços mecânicos e de receber acabamento polido. A mistura é aplicada molhada e a cura é feita no local. Existe uma variedade de produtos oferecida no mercado e a seleção da argamassa mais adequada deve ser feita considerando-se todas as solicitações a que o produto venha a ser submetido, tais sejam, abrasão, percussão, compressão e impactos (GUEDES, 2004).

Dentre os agregados rochosos de alta dureza utilizados está o quartzo, o mais abundante mineral existente na terra. O quartzo apresenta as mais variadas cores e possui estrutura cristalina composta por tetraedros de sílica (dióxido de silício, SiO<sub>2</sub>). A sílica é o principal componente da areia e a principal matéria prima para o vidro, também utilizada na fabricação do cimento Portland. Mineradores de rochas contendo sílica podem sofrer de silicose<sup>102</sup>.

Insumo básico para a indústria de construção civil, o cimento possui algumas vantagens ambientais como durabilidade, facilidade de manutenção e boa disponibilidade de matéria-prima. No entanto, como já foi visto, o processo de fabricação de cimento portland, envolve grande consumo de energia. Adicionalmente, e como consequência da queima dos combustíveis e da calcinação do calcário no processo de clínquerização (queima de calcário e argila para a formação do clínquer<sup>103</sup>), ocorre emissão de material particulado e dos seguintes gases: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>).

Por outro lado, segundo Chaves (2002), no mundo inteiro, a indústria do cimento portland desempenha papel ambiental cuja importância não pode ser minimizada, através da incorporação de resíduos de outros processos produtivos ao próprio cimento em forma de adição. Em termos tecnológicos, o co-processamento exige um conhecimento muito bom da jazida, para compatibilizar a qualidade do calcário com os resíduos que serão co-

---

<sup>102</sup> A silicose é uma fibrose pulmonar nodular causada pela inalação de poeiras contendo partículas finas de sílica livre cristalina, que é considerada pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) da OMS como um cancerígeno do Grupo 1 (em situações experimentais e em humanos). Apesar de muito que se conhece sobre esta doença ocupacional, perfeitamente prevenível, ainda no século XXI a silicose continua a matar trabalhadores em todo o mundo, com predominância nos países em desenvolvimento. No Brasil a identificação de casos novos é epidêmica e a silicose é considerada a principal doença ocupacional pulmonar, é responsável pela invalidez e morte de inúmeros trabalhadores em diversas atividades. A Organização Internacional do Trabalho- OIT e Organização Mundial da Saúde - OMS, lançaram em 1995 um programa conjunto de eliminação global da silicose. Este programa visa, essencialmente, a aplicação dos conhecimentos acumulados nas últimas décadas em ações de prevenção primária da doença e busca promover a colaboração dos países membros para estabelecerem medidas e programas que levem a eliminação dessa doença até 2030. Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego, [www.fundacentro.gov.br](http://www.fundacentro.gov.br).

<sup>103</sup> Na produção do clínquer portland, são utilizados normalmente carbonatos de cálcio, como a pedra calcária, e a sílica, que pode ser extraída das argilas (CARVALHO, 2002, p. 46).

processados. De acordo com o mesmo autor, no Brasil o tema tem encontrado sérias resistências e o co-processamento ainda é muito restrito.

Já Carvalho (2002) , observa que estão disponíveis no mercado brasileiro diversos tipos de cimentos portland diferenciados pelo teor das adições. As utilizadas atualmente pela indústria cimenteira brasileira são a escória de alto forno (resíduo das indústrias siderúrgicas) e cinza volante (resíduo da queima de carvão mineral em termelétricas), as quais tornaram-se subprodutos para o setor. A autora também cita em sua pesquisa que a produção de cimento com adição de resíduos libera menor quantidade de NO<sub>x</sub>, pois os materiais usados em substituição ao clínquer não emitem estes gases em seus processos de fabricação. Por outro lado, o consumo de energia elétrica durante a moagem pode ser maior, dependendo da dureza do resíduo.

O CHPS (2006, v.2) analisa material similar à argamassa de alta resistência denominado “*terrazzo*”, também conhecido no Brasil como “mármore artificial” ou “marmorite”<sup>104</sup>. Quando aqui executado, apesar da semelhança em composição e execução, este material se apresenta com qualidade bastante inferior ao da argamassa de alta resistência. As observações feitas pelo manual americano, desde que aplicáveis, serão consideradas para avaliação da argamassa de alta resistência, que representa o material de real interesse neste trabalho.

Segundo o manual citado, a mistura pode ser cimentícia ou a base de epóxi, sendo que esta última deve ser evitada, dando-se preferência aos produtos cimentícios. Os dois tipos de aglomerantes alcançam desempenhos ambientais diferentes. Na fase de execução, o perigo oferecido pela argamassa cimentícia está relacionado à poeira produzida durante a mistura, visto ser composta por ingredientes inertes e adição de água. A argamassa a base de epóxi, no entanto, contém vários elementos tóxicos, requerendo o uso, segundo a *OSHA – Occupational Safety and Health Administration*, de equipamentos apropriados tais como máscara, luvas e óculos, assim como farta ventilação. A argamassa de alta resistência utilizada no Brasil é de base cimentícia. No entanto, deve-se atentar para o fato de que

---

<sup>104</sup> O “*terrazzo*” executado no Brasil é constituído de cimento branco e granilha de mármore ou granito, sendo que não existem fornecedores para o produto. A dosagem e a mistura são feitas diretamente pelos operários da obra (GUEDES, 2004).

alguns produtos oferecidos no mercado, conforme cita a Revista “Pisos Industriais”<sup>105</sup>, podem incorporar aditivos específicos para cada fim, tais como: sílica ativa, super plastificante, polímeros e fibras sintéticas.

O mesmo CHPS (206, v.2) classifica este revestimento como um material com ainda menor custo de ciclo de vida que o da cerâmica, visto estimar que um revestimento cerâmico de boa qualidade e adequadamente especificado e aplicado dure entre 40 e 80 anos, enquanto para a argamassa, espera-se que dure por toda a vida da edificação, exigindo para isso, baixa manutenção. Também o considera um material capaz de atingir níveis nulos ou mínimos de emissões tóxicas na fase de utilização, desde que possua base cimentícia. O material é indicado como pavimentação para áreas de alto tráfego, onde o bom desempenho acústico não seja necessário, como acessos e sanitários.

A argamassa de alta resistência reveste o piso da maior parte das escolas construídas atualmente no município do Rio de Janeiro. Segundo recomendação do Manual do IBAM (1996), este material pode ser utilizado em toda a edificação escolar. A recomendação não é infundada, visto que representa acabamento altamente resistente e que apresenta grande facilidade de limpeza. Em termos de acústica, sua superfície refletora ao menos possui melhor desempenho que as cerâmicas.

De acordo com a Revista “Pisos Industriais”, pode-se efetuar um tratamento superficial do piso monolítico de forma a incrementar as resistências mecânicas e químicas, proporcionando ganho de desempenho na higienização e prolongando-se a vida útil do material. O CHPS (2006, v.2) recomenda que os produtos a base de água sejam preferidos e lembra que cada nova aplicação do selante resultará em novo impacto na qualidade do ar interior.

#### **5.4. Pisos Flexíveis**

De uma forma geral, devem ser selecionados pisos flexíveis e adesivos que apresentem bom desempenho e não sejam poluentes. Existem importantes distinções entre

---

<sup>105</sup> Revista disponível no endereço: <http://www.pisosindustriais.com.br/materias/noticia.asp?ID=131>, acessado em out 2007.

os tipos de material, métodos de instalação e necessidade de manutenção. Para o CHPS (2006, v.2), os pisos flexíveis de borracha reciclada ou os livres de cloro podem ser considerados opções preferenciais.

Segundo o mesmo manual, os pisos flexíveis são recomendados para ambientes escolares com alto tráfego e que não requeiram maiores tratamentos acústicos, tais como: circulações, cozinhas, salas de arte, banheiros, cafeterias ou qualquer lugar onde seja provável o derrame de líquidos. Já nas escolas públicas de nossa cidade, estes são materiais utilizados em ambientes com solicitações específicas como salas de informática, auditórios, etc. por possuírem resistência e durabilidade muito inferiores aos da cerâmica ou da argamassa de alta resistência.

A fixação deve ser feita com o mínimo de adesivo necessário para a correta fixação. Durante a instalação e nos dias subsequentes a ventilação deve ser abundante e o ambiente não deve ser utilizado antes de 72 horas.

Produtos de manutenção também são fontes significativas de poluição interna. Materiais fornecidos com superfícies já seladas devem ser preferidos, por reduzir o uso de produtos de limpeza e ceras, além do custo com manutenção.

### **Piso Vinílico**

O Policloreto de Vinila (PVC) possui alto conteúdo energético, é derivado do petróleo, um recurso não renovável e que pode ser altamente poluente em sua extração, refino e manufatura. O PVC é o único termoplástico que integra a cadeia de derivados orgânicos do cloro. Por isso, a partir de meados dos anos 70, sua produção passou a sofrer grandes pressões por parte de organizações e autoridades governamentais ligadas ao controle ambiental. Desde então, vem ocorrendo a comprovação de que, efetivamente, diversas substâncias organocloradas exercem efeitos adversos ao meio ambiente e à saúde humana.

O cloreto de vinila monômero (MVC), intermediário utilizado na produção de PVC, é conhecido desde 1974 como potente carcinógeno humano. Além deste aspecto, MONTENEGRO et.al. (1997) destaca outras preocupações, de ordem ambiental, com relação ao PVC, que vieram a se somar:

- existência de metais pesados como o cádmio e o chumbo (de elevada toxidez) nos estabilizantes térmicos utilizados;
- dois dos plastificantes mais utilizados para conferir maleabilidade ao PVC, o DOP (dioctilftalato) e o DOA (dioctiladipato), foram considerados suspeitos de carcinogenicidade;
- os produtos provenientes da combustão do PVC foram considerados mais tóxicos do que os gerados por outros materiais, contribuindo mais para a chuva ácida e a presença de dioxinas na atmosfera.

Em relação à disposição dos produtos em PVC, além das dioxinas emitidas durante a combustão através da incineração imprópria de resíduos ou de incêndio em construções estes produtos não são biodegradáveis, sendo que as opções para reciclagem são limitadas (CHPS, 2006, v.2).

O levantamento destas questões não impediu que a demanda de PVC continuasse a crescer - representa um dos termoplásticos mais consumidos no mundo – mas resultou no estabelecimento de medidas variadas de controle e restrição em diversas regiões, especialmente em países europeus, com destaque para Alemanha, Suécia e Dinamarca.

As empresas produtoras passaram a investir na realização de pesquisas sendo que, segundo MONTENEGRO et al (1997) vários resultados já puderam ser observados: redução do nível de emissão de organoclorados nos processos produtivos, em especial o MVC; redução do teor de MVC residual no PVC final; substituição dos metais pesados nos estabilizantes adicionados ao PVC por elementos de menor toxidez, tais como zinco e cálcio; as pesquisas relativas aos possíveis efeitos carcinogênicos dos plastificantes não foram conclusivas para o DOP [no ano de 2000 a Agência Internacional para Pesquisa de Câncer (IARC), ligada à Organização Mundial da Saúde (OMS) e uma das maiores autoridades mundiais no assunto, retirou o DOP (dioctilftalato) da lista de possíveis carcinogênicos, em decisão tomada por 28 especialistas de 12 países, em reunião na França<sup>106</sup>], por outro lado houve resultados conclusivos pela inocuidade do DOA; e quanto aos efeitos da combustão do PVC, as pesquisas já realizadas revelaram-se insuficientes para justificar uma regulação mais restritiva e abrangente ao PVC do que em relação a outros materiais.

---

<sup>106</sup> Fonte: <http://www.plastico.com.br/revista/pm334/aditivos5.htm>. Acesso em set 2007.

Apesar de ser considerado um produto maduro, o PVC continua a evoluir tecnologicamente (INSTITUTO DO PVC). Além disso, não se pode negar que o setor vem procurando se alinhar à visão de sustentabilidade. Exemplo disto é o conceito adotado pela indústria europeia do PVC através da criação do documento denominado “*Vinyl 2010 – The Voluntary Commitment of the PVC Industry*” assinado em outubro de 2001, onde são estabelecidas ações a serem adotadas pela cadeia produtiva do PVC no período 2000 – 2010, ao mesmo tempo em que proporciona a base estrutural e legal para o gerenciamento efetivo, monitoramento e financiamento dessas decisões. Este compromisso voluntário está alinhado com os princípios do *Responsible Care*<sup>107</sup>, programa internacional adotado em 1992 pela ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química, através da versão nacional denominada Atuação Responsável®.

O fato de os demais termoplásticos serem produzidos unicamente a partir de derivados de petróleo, coloca o PVC em posição por alguns alegada como vantajosa. Composto por 57% de cloro (derivado do cloreto de sódio) e 43% de eteno (derivado do petróleo), sua matéria prima principal é renovável, além de que o eteno também pode ser obtido através do álcool da cana de açúcar (INSTITUTO DO PVC).

Em fevereiro de 2007, o USGBC – *U.S. Green Building Council*, divulgou relatório sobre longo estudo realizado pelo “*LEED® Technical and Scientific Advisory Committee (TSAC) PVC Task Group*” baseado na avaliação do ciclo de vida de produtos fabricados com PVC, intitulado “*Assessment of the Technical Basis for a PVC – Related Materials Credit for LEED*”. O estudo consistiu em identificar as principais aplicações do PVC na construção civil e comparar estes produtos, em termos de impactos ambientais (incluindo a saúde humana), a outros que desempenhassem as mesmas funções. A proposição não foi identificar, para cada grupo, o produto de melhor desempenho, mas apenas avaliar se os produtos a base de PVC representavam as piores alternativas. Os quatro grupos estudados foram:

- revestimentos de paredes – vinil, alumínio, madeira e fibrocimento;
- tubulações – PVC, ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) e ferro fundido;

---

<sup>107</sup> Criado no Canadá, pela *Canadian Chemical Producers Association - CCPA*, o *Responsible Care*® é um programa internacional de ética empresarial que visa a direcionar a gestão da saúde, da segurança e do meio ambiente das empresas químicas e das cadeias produtivas a elas ligadas. O *Responsible Care* é encontrado em 52 países e sua aplicação é coordenada pelo Conselho Internacional das Associações da Indústria Química – ICCA (fonte: [www.abiquim.org.br](http://www.abiquim.org.br)).

- pisos flexíveis – vinil em manta e em placas, linóleo e cortiça;
- caixilhos de janelas – PVC, alumínio e madeira.

O estudo constatou que nenhum dos materiais se mostrou como o melhor, ou o pior, constantemente, sob todas as categorias de impacto avaliadas. Também comprovou que o desempenho do PVC ao longo de seu ciclo de vida, em relação ao desempenho de outros materiais, depende de dois fatores:

- se o foco é a saúde humana ou os impactos ambientais
- do escopo do ciclo de vida. O desempenho do PVC se modifica quando o escopo passa de “berço à utilização” (da aquisição de matérias-primas à utilização) para “berço ao túmulo” (da aquisição das matérias-primas ao descarte), incluindo os riscos de emissões de dioxinas causadas por incêndio ou pela queima acidental em aterros sanitários; exposição ocupacional e avaliação de risco.

O estudo demonstrou que a influência destes dois fatores na performance do PVC é equitativamente consistente através dos quatro grupos de produtos estudados, e pode ser resumida da seguinte forma:

#### **Em relação aos impactos à saúde humana**

- na avaliação “berço à utilização”, o PVC apresentou melhor desempenho que outras alternativas para caixilhos, revestimento de parede ou tubulação, enquanto sua performance foi inferior se comparada aos outros pisos flexíveis avaliados;
- quando o “fim de vida” foi incluído no escopo, incluindo possibilidades como incêndio ou queima acidental em aterros sanitários, o risco adicional de emissão de dioxinas tornou o desempenho do PVC consistentemente pior que dos demais materiais; a menos que estas emissões estivessem bem próximas dos menores valores estimados por este estudo (considerando o grau de incerteza sobre estas emissões);
- quando também foi considerada a exposição ocupacional (dentro do possível, pois a literatura era muito menos completa quanto aos dados de exposição ocupacional para a manufatura dos outros materiais que para a do PVC), o PVC permaneceu como pior material para a saúde humana, apesar da dificuldade de dados afetar este resultado.

#### **Em relação aos impactos ambientais**

O desempenho do PVC foi melhor que o de vários materiais alternativos, indiferente ao escopo de ciclo de vida, para três dos quatro grupos estudados; a exceção é a sua

utilização como pavimentação, a placa vinílica foi consistentemente o pior material em todas as categorias ambientais exceto em eutrofização.

O CHPS (2006, v.2) opta por levantar vantagens e desvantagens do material, sem recomendar ou desencorajar seu uso. Declara que as placas vinílicas são freqüentemente utilizadas em pisos de áreas não acarpetadas de escolas por sua “vida longa”, necessidade de baixa manutenção e características de resistência à umidade. Além disso, o custo inicial dos produtos em PVC também é baixo. É interessante observar a distância entre a realidade das escolas públicas americanas e brasileiras. Nos EUA uma série de materiais é utilizada apesar de requerer maiores serviços de conservação e limpeza e certa freqüência de manutenção; também consideram como vida longa números bastante diversos dos nossos.

O PVC é um material altamente versátil e estável, utilizado em numerosos produtos de construção, incluindo tubulação<sup>108</sup>, revestimentos, proteção para fios e cabos, mantas ou placas para piso, carpetes, revestimento de paredes, forros e mobiliário. Comumente descrito como vinil, produtos de PVC são altamente duráveis e requerem baixa manutenção, o que tem feito deles uma freqüente escolha em escolas.

As pesquisas continuam, as controvérsias também. Conforme cita o CHPS (v.2, 2006), poucos materiais de construção têm gerado maior debate acerca de sua eficiência e de sua relação com o meio ambiente do que aqueles que contém PVC.

A presente pesquisa conclui que os riscos que o PVC oferece (tendo como base as informações levantadas) impedem que ele se alinhe às premissas básicas de uma edificação sustentável, principalmente em se tratando de uma edificação escolar, com tão sensíveis usuários.

Em relação às escolas públicas de nossa cidade, o IBAM (1996) recomenda os pisos vinílicos para os ambientes do setor administrativo, mas na prática o que se vê com

---

<sup>108</sup> Em busca de materiais menos impactantes, existem edificações utilizando tubulação de polipropileno para a água e tubulação produzida a partir de garrafas pet recicladas para o esgoto. Este é o caso do Condomínio Gran Parc Vila Nova, na Vila Nova Conceição em São Paulo. Fonte: Jornal O Globo em 22/04/2007.

frequência é a sua utilização em ambientes de uso restrito como salas de informática e auditórios.

Para a substituição do vinil, uma possível alternativa seria o linóleo, que é produzido a partir de materiais renováveis (óleo de linhaça, cortiça, pó de madeira e juta), pouco processados, facilmente encontrados e biodegradáveis. O material é considerado preferencial sob o aspecto ambiental, mas por conter óleo de linhaça, possui forte odor durante os primeiros meses, o que afeta sua aceitabilidade.

### **5.5. Forro de Gesso**

A gipsita, matéria-prima utilizada para a produção de gesso, é um recurso abundante no território nacional. No entanto, sua extração se concentra no estado de Pernambuco, responsável por 90% da produção brasileira de gesso. As reservas conhecidas de gipsita apontam a Bahia e o Pará como dois possíveis competidores futuros (BARROS et al 2006).

Segundo os mesmos autores, muitas das calcinadoras ali instaladas utilizavam a lenha como principal fonte de energia. Como esta lenha não advém de áreas de reflorestamento, observou-se uma forte destruição da cobertura vegetal da região ensejando um grave problema de impacto ambiental em uma região com severas restrições pluviométricas. Em decorrência da fiscalização por parte dos órgãos ambientais competentes houve, nos últimos anos, uma sensível mudança em direção à utilização de óleo bruto (BPF). Entretanto os constantes aumentos nos preços do petróleo desde 2003 têm impulsionado a volta do consumo de lenha como elemento de combustão. Segundo LYRA SOBRINHO (2002<sup>a</sup>, apud BARROS et al 2006) o gás natural poderia substituir com vantagens tais produtos, mas é dependente de estrutura de transporte que ainda não existe. Outro caminho para solucionar esse problema encontra-se na utilização do Bio-Diesel, produzido a partir da mamona. A implantação na região de uma fábrica de Bio-Diesel vem sendo discutida entre os produtores de gesso e as Autoridades Governamentais.

O gesso possui característica fogo-retardante, é de baixo custo e se for utilizado em placas removíveis, é de muito fácil substituição.

Na utilização de placas de gesso acartonado<sup>109</sup>, especial cuidado deve ser tomado durante o transporte, o armazenamento e a instalação, para prevenir a acumulação de umidade no material ou na embalagem. Expor o gesso à umidade pode causar o aparecimento de mofo em sua superfície de papel. Caso alguma placa armazenada ou instalada evidenciar a presença de danos devidos à umidade, estas devem ser removidas, substituídas e descartadas adequadamente (CHPS, 2006, v.2).

Em superfícies de gesso é preferencial o lixamento úmido durante o processo de acabamento. O lixamento seco somente deverá ser utilizado caso o ambiente seja adequadamente isolado durante o serviço (inclusive o sistema de ar condicionado). Os profissionais devem utilizar proteções adequadas.

Segundo o manual americano citado, superfícies de gesso aparente (sem pintura) são verdadeiras “esponjas” que absorvem COV do ar ambiente e posteriormente os reemitem. Sendo assim, a pintura do gesso deve ser realizada antes da utilização de produtos que emitam COV no ambiente (como adesivos, selantes, etc.).

O conforto acústico é uma das questões mais importantes a serem atendidas em uma edificação escolar, sendo o teto a superfície de maior contribuição ao desempenho acústico de uma sala de aula. Uma boa alternativa é a utilização do gesso acústico (perfurado) em placas removíveis, inclusive de muito fácil substituição. A solução esbarra em três questões fundamentais:

- financeira – é preciso criar a conscientização de que o valor monetário investido na obtenção de conforto acústico, agrega um valor muito maior, relacionado a desempenho e saúde tanto de alunos quanto de professores.
- resistência a vandalismos – para que forros modulares sejam fixados de forma segura são necessários alguns cuidados: especificação e compra de produtos de 1ª qualidade *incluindo adequados acessórios de fixação*; instalação executada por mão-de-obra capacitada, através da contratação de empresa credenciada junto ao fabricante; e constante fiscalização dos serviços.
- manutenção preventiva – é notória a enorme preocupação por parte dos profissionais especificadores em evitar produtos que não resistam a longos períodos sem manutenção e possam vir a soltar ou despenca pondo em risco a segurança de usuários.

---

<sup>109</sup> Placas constituídas de núcleo em gesso e revestidas com duas lâminas de cartão.

O CHPS (2006, v.2) recomenda como ambientalmente preferencial o uso de gesso sintético<sup>110</sup>, oferecendo como opções: dessulfogesso, fluorogesso, citrogesso e titanogesso. Faz ainda duas ressalvas, inicialmente a de que estas tecnologias não são disponíveis em todos os lugares e, por isso, o conteúdo energético deve ser considerado; e a de que qualquer gesso utilizado, especialmente os sintéticos, devem ser submetidos a testes de emissões e enquadrados nas recomendações da *Section 01350*.

De acordo com Lyra Sobrinho et al (2001), em várias partes do mundo, inclusive no Brasil, a gipsita secundária vem substituindo a natural na produção do cimento; no entanto, em alguns países [como o nosso<sup>111</sup>], ainda enfrenta restrições quanto à aplicação em outros produtos destinados à construção civil. Estudos realizados na França, e reportados por Vidal de Araújo (1995, apud LYRA SOBRINHO et al, 2001), indicam que para a fabricação de gesso e pré-moldados tanto o dessulfogesso<sup>112</sup> quanto o fosfogesso<sup>113</sup> apresentam uma série de contra-indicações. Por outro lado, Baltar et al (2005) registra casos de utilização no Japão, Alemanha e Estados Unidos.

O CHPS (2006, v.2) declara que o gesso é altamente reciclável, caso não contaminado, e que o fato de possuir conteúdo reciclado (vale para o gesso e para o cartão de revestimento no caso do produto acartonado) o torna um material preferencial. Conforme citam John et al<sup>114</sup>, a experiência internacional atual realmente demonstra que apesar das dificuldades, é possível estabelecer mercado de reciclagem viável para os resíduos de gesso. Pode-se reciclar até mesmo o gesso acartonado que contém outros compostos, produzindo aglomerantes, desde que sejam removidos contaminantes incorporados no processo de geração de resíduos. Aliás, a indústria de gesso acartonado

---

<sup>110</sup> Conforme descreve Antunes (1999), o gesso residual [também conhecido como gesso químico, gesso sintético ou gipsita secundária] é obtido como subproduto durante a síntese ou neutralização de alguns ácidos ou efluentes. Podem ser citados; fosfogesso, fluorogesso, borogesso, citrogesso, formogesso, tartarogesso, salgesso, wangesso, titanogesso, sodogesso e sulfogesso [também chamado de dessulfogesso].

<sup>111</sup> A presente pesquisa não conseguiu registrar caso bem sucedido de aplicação de gesso residual em produtos destinados à construção civil nacional, exceto na produção de cimento.

<sup>112</sup> Uma das formas de reduzir as emissões de SO<sub>2</sub> é através da desulfurização dos efluentes gasosos produzidos pela combustão, por meio da utilização do calcário como reagente alcalino, gerando este material como subproduto (COELHO, 2005).

<sup>113</sup> O fosfogesso é gerado como subproduto no processo de obtenção do ácido fosfórico nas indústrias de fertilizantes fosfatados. Para estas indústrias, o resíduo se constitui num problema, pois, além de ser gerado em grande quantidade, possui uma fina granulometria, elevado grau de umidade, é de difícil manuseio e poluente. Dentre outras dificuldades, um sério obstáculo ao seu aproveitamento é a presença de elementos radioativos em sua composição (BALTAR et al 2005).

<sup>114</sup> JOHN, V.M.; CINCOTTO, M.A. **Alternativas de gestão dos resíduos de gesso**. São Paulo, Texto técnico: PCC/EPUSP. Disponível em: [www.reciclagem.pcc.usp.br](http://www.reciclagem.pcc.usp.br). Acesso em dez. 2007.

nacional já recicla seus próprios resíduos industriais, posto que possuem composição controlada e perfeitamente conhecida.

Através da revisão bibliográfica realizada pelos autores citados, além da obtenção de aglomerante, podem ser destacadas outras aplicações para os resíduos de gesso, tais como: correção de solos, aditivo para compostagem, forração para animais, absorvente de óleo, controle de odores em estábulos e secagem de lodo de esgoto. No entanto, a viabilização da reciclagem em escala comercial depende de vários fatores, inclusive de características regionais. Trata-se portanto de atividade complexa e que vai requerer substancial esforço dos envolvidos e inclusive atividades de pesquisa e desenvolvimento para que a prática venha a se estabelecer no Brasil.

## **5.6. Tintas**

Os produtos utilizados em pintura têm sido considerados uma das maiores preocupações em relação à qualidade ambiental alcançada em edificações. As tintas emitem uma série de elementos poluentes pondo em risco a qualidade do ar no ambiente construído. Estes poluentes afetam a saúde do trabalhador durante a fase de construção e, posteriormente, a dos usuários. O resultado se torna ainda mais ameaçador em ambientes internos onde a renovação de ar é escassa. Conforme ressaltam Uemoto et al (2006), Estados Unidos, Austrália e países da Comunidade Européia já impuseram regulamentações, limitando a emissão de Compostos Orgânicos Voláteis - COV nas tintas da linha arquitetura<sup>115</sup>. As restrições impostas à emissão de COV têm tido uma grande influência na inovação de produtos na indústria de tinta, inclusive no Brasil.

No mundo inteiro, a obtenção de tintas ambientalmente "amigáveis" tem sido uma das principais linhas de pesquisa, o que levou a mudanças significativas na formulação, produção e aplicação destes produtos. Várias tecnologias estão sendo adotadas com sucesso, como a formulação de produtos sem odor e com menor teor de VOC ou até mesmo isentos deste tipo de emissão, com elevado teor de sólidos, com redução da quantidade de solventes aromáticos, com reformulação dos solventes normalmente

---

<sup>115</sup> Os teores máximos de COV contidos nas citadas regulamentações podem ser examinados na página 71 da seguinte publicação: UEMOTO, K.L.; IKEMATSU, P.; AGOPYAN, V. **Impacto ambiental das tintas imobiliárias**. Porto Alegre: ANTAC, 2006. Coletânea Habitare, vol. 7, cap. 3.

empregados, uso de solventes oxigenados, substituição de pigmentos à base de metais pesados, substituição de produtos de base solvente por emulsões, uso de novos tipos de coalescentes nas tintas de base aquosa e produção de tintas em pó (UEMOTO et al, 2006).

Ainda segundo Uemoto et al (2006), as tintas imobiliárias, principalmente aquelas de base solvente, como a tinta a óleo e o esmalte sintético, possuem em sua composição COV, geralmente constituídos por hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos, hidrocarbonetos contendo halogênio, cetonas, ésteres e álcoois, os quais contribuem para a formação do ozônio troposférico.

O NBPM-BHPS (p. 414, 2002) esclarece que emissões provenientes de pinturas e outras películas protetoras são oriundas em primeiro lugar de evaporação de solvente, outros COV e subprodutos liberados após a oxidação. O manual recomenda atenção aos níveis de compostos orgânicos voláteis (COV), formaldeído e toxicidade em geral:

- COV - Produtos com zero-COV ou baixo-COV minimizam a carga de poluição do ar interior, odores e riscos à saúde dos operários e usuários. Geralmente é aceito como baixo COV as tintas que contenham menos que 100 mg/L. Tintas latex acrílica a base de água causam emissões menores (<250 mg/L) que as tintas a base de solventes. Produtos que recebem menos pigmentação (cores mais claras), geralmente possuem menores concentrações de COV. Embora uma variedade de baixo-COV e zero-COV estejam disponíveis no mercado americano, elas variam em custo, potencial de toxicidade, e desempenho.
- Formaldeído - Tintas livres de formaldeído ainda não são disponíveis, mas existem várias opções com baixas emissões no mercado americano. Deve-se optar pela menor concentração possível. .
- Toxicidade em geral - Onde possível, a pintura deve ser dispensada. Uma tinta pode ser considerada de baixo COV e formaldeído e ainda assim conter odor, causar irritações, ser tóxica ou possuir ingredientes indesejáveis diferentes tais como amônia, sílica cristalina (um conhecido carcinógeno na forma de pó), acetona, agentes para mascaramento de odores, glicol, chumbo, mercúrio, cromo hexavalente, cádmio e muitos outros componentes, incluindo fungicidas e bactericidas. Embora a regulamentação americana tenha eliminado muitos componentes tóxicos da produção das tintas, os produtos oferecidos no mercado podem ainda contê-los. Alguns desses elementos podem não causar problemas de qualidade do ar para os ocupantes, mas podem ser perigosos para os pintores e operários envolvidos na produção da tinta. Além do que, podem degradar o ambiente natural durante a produção e após a disposição.

No Brasil, alguns fabricantes já divulgam a venda de produtos isentos de emissão de COV e de metais pesados como o chumbo e o cromo; produtos à base de água (não apenas

PVA e acrílica, mas também esmaltes e vernizes); e produtos que utilizam garrafas pet ou argilas naturais ou modificadas em sua composição.

Para a seleção das tintas deve-se considerar composição, odor, facilidade de aquisição e características de desempenho desejadas, como capacidade de recobrimento, aparência, durabilidade e facilidade de limpeza. O ideal é que sejam comparados vários produtos. A Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos –FISPQ deve sempre ser consultada. É recomendado que toda tinta seja testada nos padrões determinados pela *Specification Section 01350*.

A pintura deve preferencialmente ser executada antes da instalação de qualquer material poroso no ambiente. Na impossibilidade de ser tomada esta medida, a superfície porosa deve estar muito bem protegida durante a realização dos serviços de pintura, secagem e dias subseqüentes, evitando ao máximo a absorção e a subseqüente reemissão de COV. Tintas com baixo COV podem requerer tempo mais longo de secagem que as outras. Seja qual for o produto utilizado, o sistema de ventilação durante aplicação, seca e fase de ocupação deve ser incrementado. Durante o lixamento a máscara contra pó deve ser usada. Filtros de condicionadores de ar devem ser substituídos antes da ocupação.

A recomendação feita pelo fabricante quanto ao intervalo de tempo entre aplicação e ocupação deve ser seguida. O ideal é que os serviços sejam realizados durante período desocupado ou com baixa ocupação. Podem ser planejados para período de férias ou outros intervalos sem aulas. Sempre que possível, o preparo e a dissolução devem ser feitos em ambientes abertos.

A Coletânea Habitare, em seu sétimo volume intitulado “Construção e Meio Ambiente”, apresenta no capítulo 3 (UEMOTO et al, 2006) os resultados preliminares obtidos no projeto “Impacto ambiental das tintas imobiliárias”, desenvolvido pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em parceria com a Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (ABRAFATI). As metas estabelecidas para o projeto visam a levantar e fornecer critérios ecológicos às indústrias de tintas nacionais, para que elas possam se adequar aos teores de VOC propostos internacionalmente. No estudo foram coletadas do mercado da cidade de São Paulo 50 amostras de produtos constituídos por tinta látex, esmaltes sintéticos, vernizes, solventes e diluentes. Foram analisadas algumas

características químicas desses produtos e identificada a composição dos seus VOCs. Nesse trabalho, foram escolhidas, aleatoriamente, três amostras de tinta látex e três amostras de esmalte sintético, produzidas por diferentes fabricantes, para mostrar a metodologia de análise dos VOC.

O projeto DURAR que desenvolve pesquisas relacionadas com a degradação dos materiais de construção (ver item 3.5.) vem desenvolvendo estudos de colonização de superfícies pintadas com tinta emulsão acrílica, com diferentes volumes de pigmento e presença ou não de biocida. Os estudos demonstram claramente a influência tanto do volume de pigmento quanto do clima na colonização de fungos, o que coloca em questão o desenvolvimento de formulações padrão de tintas para todo o mercado brasileiro.

### **5.7. Madeira**

Em edificações escolares é freqüente a utilização da madeira em molduras, quadros-murais, roda-meios e acabamentos em geral. Produtos derivados de madeira ou a própria madeira serrada são altamente indicados, desde que sejam certificados pelo *FSC – Forest Stewardship Council*<sup>116</sup>.

---

<sup>116</sup> Pode-se adquirir madeira serrada ou produtos derivados (como compensado, aglomerado, laminado, MDF ou OSB) devidamente certificados e provenientes de uma variedade de espécies: Pinus, Eucalipto, Angelim, Cupiuba, Maçaranduba, Itaúba, Sucupura, Piquiá, Muiracatiara, Ipê, etc. O *site* do *FSC* fornece lista atualizada dos produtos certificados incluindo localização das empresas (também de extrema importância) e dados para contato. [www.fsc.org.br](http://www.fsc.org.br)

## Capítulo 6 – Considerações Finais

Em função da vital importância da seleção dos materiais de construção e acabamento para a sustentabilidade da edificação escolar, procurou-se identificar neste trabalho o que deve ser considerado para a elaboração da especificação de materiais das escolas públicas de ensino fundamental da cidade do Rio de Janeiro.

Concluiu-se que para a seleção dos materiais existem várias questões que devem ser observadas, a partir das quais foi feita uma série de recomendações. Percebe-se, ainda, que é de vital importância que o projeto de arquitetura seja valorizado.

### 6.1. Recomendações

A partir das especificidades do grupo de escolas em questão, e também das limitações pertinentes à nossa realidade local e atual, conclui-se que, em busca de uma especificação de materiais assertiva, deve-se trabalhar com:

- conhecimento (ainda que superficial) dos impactos ambientais causados pelos materiais;
- materiais que possuam conteúdo reciclado, sejam recicláveis ou reutilizáveis;
- regionalidade;
- desempenho dos materiais na fase de utilização; e
- contribuição à qualidade da execução da obra.

Passemos então a examinar cada um desses tópicos.

#### **A. Conhecimento dos Impactos Ambientais Causados pelos Materiais**

Sabendo-se que o setor da construção civil representa a atividade humana com maior geração de impactos sobre o meio ambiente, e sendo a produção de materiais a fase de maior contribuição, deve-se dar preferência aos materiais *produzidos responsavelmente*, isto é, extraídos, cultivados ou manufaturados de forma ambientalmente amigável.

No Brasil, conforme já foi visto, as informações referentes aos impactos ambientais causados pelos materiais de construção ainda são muito escassas. Por enquanto, o arquiteto

deve procurar informar-se quanto aos materiais passíveis de utilização em seus projetos através de:

### **A.1. Conhecimento Básico e Atualizado sobre os Materiais mais Utilizados**

O conhecimento, ainda que aproximado, do conteúdo energético de diversos materiais; da degradação ambiental causada pela extração e beneficiamento de alguns minérios (grau de desmatamento, se a extração é superficial ou profunda exigindo o uso de explosivos ou se requer beneficiamento que gere liberações tóxicas); da estimativa de vida das reservas mundiais de alguns minerais ou, ainda melhor, das reservas locais; dos rejeitos, subprodutos e emissões gerados na produção; do quanto determinados materiais são recicláveis e dos problemas causados por outros na fase de descarte; etc. Enfim, informações genéricas e atuais acerca dos materiais mais comuns podem auxiliar bastante no balizamento das decisões.

É sabido que esse é um vasto conjunto de informações que não pertence aos campos de estudos usuais do arquiteto, mas se quisermos especificar conscientemente precisamos sair em busca destes dados pois ainda não existem lugares onde eles estejam “prontos” à nossa disposição<sup>117</sup>. O contato com as pesquisas realizadas nesse campo e com as informações divulgadas por organizações envolvidas com construção e sustentabilidade representa uma forma de tentarmos suprir, ainda que parcialmente, a deficiência de dados relativos ao assunto.

Para ilustrar o que foi dito, o exemplo do alumínio pode ser citado. Certamente que, na atualidade, não temos material ambientalmente amigável que substitua satisfatoriamente o alumínio na produção de esquadrias, por exemplo. Mas o conhecimento das implicações ambientais que a produção deste material traz consigo, certamente que ao menos deve restringir sua utilização aos casos de real necessidade (onde se procura pesar pós e contras para a tomada de uma decisão consciente).

---

<sup>117</sup> Faz-se referência aos produtos nacionais. É bem verdade que é possível encontrar alguns produtos de marcas conhecidas internacionalmente, também produzidos no Brasil, em bancos de dados estrangeiros. Entretanto, nada garante que as condições de extração e produção e nem mesmo a qualidade final do que é produzido em território nacional sejam as mesmas que em outros países.

## A.2. Conhecimento dos Produtos e seus Fornecedores

Aqui já não se trata mais de buscar informações genéricas a respeito de determinados materiais e sim da atuação de fabricantes específicos. Deve-se estar atento a duas questões: *a qualidade do que é produzido* e *a forma como é produzido* (com suas conseqüências).

De forma a garantir a qualidade e a segurança dos produtos, deve-se exigir do fornecedor as garantias, testes realizados por órgãos idôneos e certificações aplicáveis.

É importante buscar fornecedores que ofereçam informações técnicas (e apoio técnico, se necessário) suficientes à adequada aplicação, utilização, limpeza e manutenção de seus produtos. Quanto maior a transparência acerca da composição dos produtos, melhor. Aqueles que apresentem conteúdo reciclado são preferenciais (o fabricante deve informar a porcentagem deste conteúdo reciclado). Em se tratando de tintas, vernizes, adesivos, selantes, solventes, etc., o acesso à FISPQ - Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos é indispensável<sup>118</sup>.

Cabe às empresas a adoção de medidas que minimizem os prejuízos causados ao meio ambiente através de suas atividades. Algumas já divulgam sua atuação positiva em relação a: recuperação de áreas degradadas de forma inovadora, otimização do processo produtivo, utilização de energia renovável ou menos poluente, tratamento de efluentes, controle de emissões e reutilização da água e dos resíduos gerados na produção, etc. Mas a proteção ao meio ambiente não é tudo. Torna-se indispensável que as empresas adotem um comportamento socialmente responsável na gestão de seus negócios, baseado em uma relação ética, transparente e solidária com todos os públicos afetados por suas atividades e pelo estabelecimento de metas empresariais compatíveis com o desenvolvimento sustentável da sociedade. Atitudes empresariais a favor destas questões, assim como a conquista de certificações e a filiação ou o apoio a organizações voltadas para a sustentabilidade, geram credibilidade e devem ser apoiadas e incentivadas.

---

<sup>118</sup> Não é atribuição do arquiteto avaliar a composição química destes produtos, mas devemos ter em mente que a sustentabilidade é uma questão multidisciplinar e que é necessário contar com o apoio de profissionais de outras áreas na elaboração de um projeto de arquitetura sustentável.

Os profissionais responsáveis por aquisição de produtos, seja pela elaboração de especificações ou através da atividade direta de compra, estão profundamente comprometidos com esta questão. A seleção de fornecedores é fundamental.

*Afinal, que tipo de empresa queremos incentivar?*

### **A.3. Acompanhamento e Desenvolvimento de Pesquisas**

Nosso país se encontra bastante atrasado em pesquisas na área de Avaliação do Ciclo de Vida. Espera-se que no futuro, principalmente por força do mercado, e pela propagação da rotulagem ambiental tipo III, os estudos na área de materiais de construção se proliferem. É de extrema importância que o arquiteto não só acompanhe o desenvolvimento, mas também se envolva nessas pesquisas, trazendo subsídios para uma adequada e consciente especificação de materiais nos projetos de arquitetura.

### **A.4. Constante Atualização Quanto aos Novos Produtos**

O mercado brasileiro já anuncia uma série de produtos ambientalmente amigáveis. É necessário que haja uma constante atualização quanto às possibilidades oferecidas, assim como um exame cuidadoso das reais vantagens apresentadas por cada um deles.

### **B. Materiais que possuam conteúdo reciclado, sejam recicláveis ou reutilizáveis**

Existem vários produtos que entre seus componentes utilizam material reciclado. Podem-se encontrar telhas, painéis, conduítes, cerâmicas, placas de borracha, etc. Pesquisas envolvendo o aproveitamento de resíduos têm sido desenvolvidas principalmente em torno da construção de habitações de interesse social, dentre outros fatores, pela possibilidade de desenvolvimento de materiais de baixo custo. Muitos deles não são compatíveis com edificações sujeitas a grandes solicitações e que exijam uma vida útil maior, como é o caso das unidades de nossa rede de ensino. No entanto, em longo prazo, o acompanhamento destas pesquisas, dos testes realizados e do desempenho dos materiais postos no mercado poderá ser decisivo para a incorporação de alguns deles à construção de edificações no setor.

Por outro lado, para alguns materiais, a reciclagem em nada altera o desempenho do produto final. Produtos manufaturados a partir do reprocessamento de metais, por exemplo, podem ser utilizados sem preocupação.

A utilização de cimentos que incorporem resíduos de processos industriais é uma boa alternativa. É o caso do CP III – Cimento Portland de Alto-forno e do CP IV – Cimento Portland Pozolânico.

O crescimento, em nosso país, da utilização de agregado reciclado é fundamental, por estar constatado que a reciclagem dos resíduos de construção e demolição é ainda quase insignificante diante do montante gerado. O papel dos órgãos públicos é decisivo nesta empreitada, inclusive ampliando a utilização do material em obras públicas; não somente em infra-estrutura urbana, mas também em suas edificações. Para uma série de utilizações, ainda se faz necessário maior controle tecnológico do processo e para isso extensas pesquisas têm sido desenvolvidas. No entanto, o material se apresenta satisfatório para a utilização em correção de relevos, concretos magros de fundações, base de pavimentação, entre outros fins.

No que se refere à utilização de materiais recicláveis, esta deve ser tão ampla quanto possível, dentro do atendimento às necessidades impostas.

Na construção de edificações públicas, a possibilidade de reutilização de materiais é remota. No entanto, deve-se atentar para a possibilidade futura de reutilização, a partir de reformas ou da demolição. A escolha dos materiais, sempre que possível, deve possibilitar esta reutilização, assim como o detalhamento de projeto deve facilitar o desmonte. Para a fixação de elementos passíveis de reutilização, deve-se evitar ao máximo o uso de soldas, colas e outras formas de fixação que dificultem ou inviabilizem o desmonte, dando-se preferência a peças encaixadas e parafusadas.

### **C. Regionalidade**

Este é um dos mais importantes critérios a serem atendidos. A máxima exploração de materiais e mão-de-obra nativos, somada à integração com o contexto sócio-histórico-cultural local atingem resultados extremamente benéficos: desenvolvimento regional, redução de distâncias percorridas e valorização da comunidade.

O Rio de Janeiro, assim como os demais estados da Região Sudeste possuem uma série de materiais característicos da região, como é o caso dos granitos e mármore citados no item 3.12. Além disso, abrigam muitas indústrias de materiais de construção que, resguardada a devida qualidade dos produtos, devem ser consideradas preferenciais.

## **D. Desempenho dos Materiais na Fase de Utilização**

### **D.1. Conforto e Saúde**

O processo educacional é fortemente influenciado pelas condições sanitárias e de conforto oferecidas pela edificação escolar a seus usuários. Condições insatisfatórias põem em risco não apenas a saúde, mas também o desempenho e a motivação tanto de alunos quanto de professores.

As necessidades de nossa rede pública escolar vão ao encontro de soluções pertencentes a um bom projeto de arquitetura bioclimática e a seleção dos materiais deve ser feita, dentre outros quesitos, visando à obtenção destas soluções.

Ao avaliar o modelo arquitetônico atualmente construído para abrigar as escolas cariocas (Projeto Escola Padrão), percebe-se a preocupação com o atendimento a estas questões na seleção dos materiais (telhas termoacústicas<sup>119</sup>, paredes de 1 vez<sup>120</sup> em blocos cerâmicos revestidos, cores utilizadas nos acabamentos, farta iluminação natural, etc.), ficando-se ainda a desejar o investimento em dispositivos de sombreamento, que evitem o acesso direto da radiação solar às salas de aula e permitam uma boa ventilação; e em materiais com adequado desempenho acústico para os tetos destas mesmas salas. A solução para estas questões envolve a avaliação não só dos custos diretos, mas também, e principalmente, dos custos indiretos de cada escolha.

Em se tratando de qualidade do ar interno, são imprescindíveis: *a boa ventilação* - não apenas pelo oferecimento de esquadrias adequadas e dispositivos de sombreamento, mas também de informações quanto à importância desta condição e quanto à utilização adequada desses elementos, através do manual do usuário; e *o controle da emissão de poluentes internos* – com a utilização de materiais que não liberem elementos tóxicos no

---

<sup>119</sup> “Sanduíche” formado por telhas metálicas e preenchimento interno com material isolante.

<sup>120</sup> Paredes executadas com blocos “deitados”, de forma que a altura do bloco defina a espessura das mesmas.

ambiente (ou os liberem minimamente) e que não propiciem a proliferação de poluentes biológicos, além da utilização de um adequado sistema de limpeza.

Aliás, a limpeza nas instituições públicas escolares representa tema de estudos que merece sério aprofundamento em prol das condições sanitárias dos ambientes e da durabilidade dos materiais ali empregados. Envolve a pesquisa dos produtos de limpeza mais adequados (inclusive menos tóxicos) e a capacitação das equipes que realizam os serviços, através de um treinamento sério, abrangendo as práticas adequadas e o uso menos intensivo da água.

## **D.2. Durabilidade**

A durabilidade possui importância estratégica. Inicialmente, porque ela conduz à redução mais lenta de nossos estoques de recursos materiais, diminui a degradação do meio ambiente (considerando a vastidão de impactos envolvidos ao longo do ciclo de vida de um produto) e economiza insumos preciosos como energia e água. Em segundo lugar, por estarmos nos referindo a edificações públicas, além do que, pertencentes a um país em desenvolvimento como o nosso. Aqui a durabilidade ganha ainda maior importância, por trazer benefícios diretamente relacionados aos aspectos sociais e econômicos. Finalmente, por se tratarem de escolas, onde os materiais, principalmente os revestimentos, sofrem enorme solicitação.

A questão se torna dramática pela adição de mais um componente: o conhecimento de que a nova edificação terá que esperar por muitos anos até que venha a sofrer os primeiros serviços de manutenção (exceto por iniciativa da própria direção da escola, através da utilização de pequenos recursos). A falta de um programa de manutenção preventiva<sup>121</sup>, paradoxalmente explicada pela escassez de recursos, nos mostra a necessidade de revisão deste conceito, já que, justamente por economia, seria primordial que esta manutenção fosse praticada ativamente. É animador que o Programa Conservando Escolas esteja tentando reverter este processo.

O entendimento de que a durabilidade não decorre apenas das características do material, sendo também o resultado da interação deste com o ambiente que o cerca, é

---

<sup>121</sup> O programa de manutenção existe mas não possui caráter preventivo, e sim pontualmente corretivo.

fundamental. A escolha dos materiais, a qualidade do projeto e da execução da obra, assim como o uso adequado e a manutenção preventiva são decisivos para o resultado desta interação.

Todo o edifício pode, ainda, se tornar obsoleto. Contudo, as decisões de projeto podem controlar a velocidade deste processo. Características como mobilidade e versatilidade dão aos materiais e aos sistemas construtivos a capacidade de resistirem por maior tempo à obsolescência; além disso, podem facilitar o processo de demolição e reutilização dos componentes.

### **D.3. Segurança e Resistência a Vandalismo e Furto**

Devem ser utilizados materiais que ofereçam segurança na utilização, evitando-se: elementos que quebrem causando acidentes, quinas perigosas, pavimentações que possam provocar quedas, etc.

O problema da violência, que infelizmente se insere no contexto de grandes cidades como o Rio de Janeiro, traz para nós, arquitetos, um desafio a mais: projetar um espaço escolar convidativo, acolhedor, agradável... e seguro ao mesmo tempo. A seleção dos materiais e dos modelos adotados para portas, janelas e gradis é decisiva não apenas nesta questão como também na proteção contra furtos. O Projeto Escola Padrão adotou soluções interessantes nesse sentido, através de telas e chapas perfuradas de proteção para as janelas.

### **E. Contribuição à Qualidade de Execução da Obra**

A adoção de uma política de gestão ambiental, pelas empresas de construção civil, constitui uma forma efetiva de procurar reduzir os impactos ambientais causados na fase de execução da obra. No entanto, o controle destes impactos começa muito antes, durante a fase de concepção, quando são definidos métodos construtivos e materiais a serem utilizados. Deve-se atentar para aspectos como: consumo de energia e água, geração de odores e ruídos, excesso de perdas (resíduos ou perdas incorporadas), emissões, dejetos; quantidade de embalagens, etc.

Um material amplamente utilizado como acabamento de piso em nossas escolas públicas, devido à sua enorme resistência ao uso intenso e facilidade de limpeza, é a

argamassa de alta resistência. Dentre as desvantagens apresentadas pelo material (ver item 5.3), destaca-se a fase de execução, onde existe a produção de ruído e poeira, além do uso intensivo de água. Todos estes impactos podem ser minimizados, caso o sistema de execução “in loco” seja substituído pelo assentamento de placas pré-fabricadas com características similares. Atualmente o produto não é utilizado por apresentar alto custo, mas quadros como este podem se modificar rapidamente, sendo necessário o constante acompanhamento da evolução do mercado, inclusive quanto ao surgimento de novos fornecedores.

A racionalização construtiva tem papel fundamental na minimização das perdas e na aquisição da qualidade do produto final (a edificação). O planejamento dimensional, através do dimensionamento padronizado e da utilização de painéis e elementos pré-fabricados é capaz de maximizar o potencial de racionalização embutido nos processos construtivos. Edificações padronizadas, como as escolas que geralmente se constrói em nosso município, são bastante propícias a elementos produzidos em série. Contudo, a utilização de pré-moldados oriundos de linhas de produção criadas especificamente para o atendimento a essas construções é preocupante. A continuidade desta produção fica totalmente a mercê de decisões não apenas técnico-administrativas, mas também políticas; o que pode tornar a manutenção das unidades existentes extremamente problemática. Já a utilização de peças que se adequem a padrões industriais representa uma boa solução.

Uma preocupação claramente demonstrada pela Riourbe, na definição de sistemas construtivos e materiais para escolas públicas municipais, é justamente a qualidade de execução. A opção por estrutura metálica ou em pré-moldados de concreto por exemplo, freqüentemente se dá (além de serem vantajosas em relação a prazo) com o intuito de evitar os problemas provenientes de uma estrutura convencional em concreto (moldada “in loco”) mal executada. Esta má execução costuma gerar custos excedentes, prejuízos estéticos e funcionais além de comprometimento da durabilidade. O âmbito de uma decisão como esta é amplo, assim como o de solução para a questão. É necessária a mobilização das partes envolvidas de forma a corrigir ou controlar pontos vulneráveis em todo o processo, criando condições para que as escolhas possam ser baseadas nas prioridades de cada projeto e não nas limitações existentes no sistema. A identificação destes pontos vulneráveis requer uma

investigação que não pertence ao escopo da presente pesquisa, mas é um assunto que necessita de atenção.

Para a elaboração deste trabalho, não foram pesquisados o sistema de gestão de qualidade praticado pela Riourbe, nem tampouco as práticas que regem as contratações das empresas fornecedoras de produtos e serviços de construção civil. No entanto, pode-se perceber que há dificuldades para obtenção de edificações executadas com qualidade. O enquadramento das empresas contratadas a um padrão de qualidade (a exemplo de programas como o PBQP-H<sup>122</sup>), talvez seja um bom caminho.

Também os sistemas construtivos tradicionais podem ser altamente beneficiados pela racionalização construtiva. Este é o caso da alvenaria em blocos cerâmicos, que merece valorização devido ao baixo impacto ambiental causado pelos produtos cerâmicos em geral; à tradição regional e às condições de conforto oferecidas pelo sistema. Resta observar a urgência de se adequar a execução deste serviço a padrões de produtividade e qualidade através da citada racionalização. Cada vez mais utilizados, os projetos de produção<sup>123</sup> representam excelente recurso para otimizar a execução das alvenarias e de diversos outros serviços.

## **6.2. Importância da Valorização do Projeto de Arquitetura**

A fase de projeto é decisiva. Cabe ao arquiteto buscar opções de materiais que minimizem os impactos negativos e maximizem os positivos, causados tanto aos usuários quanto ao meio ambiente e à sociedade. Esta não é uma tarefa fácil e certamente não serão encontrados materiais que atendam a todos os requisitos. O importante é a escolha consciente, satisfazendo o maior número de condições possível e, principalmente, *sabendo priorizar as características que sejam fundamentais a cada projeto.*

---

<sup>122</sup> O Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat se propõe a organizar o setor da construção civil em torno de duas questões principais: a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva. Envolve um aspecto amplo de ações entre as quais se destacam: qualificação de construtoras e de projetistas, melhoria da qualidade de materiais, formação e requalificação de mão-de-obra, normatização técnica, capacitação de laboratórios, aprovação técnica de tecnologias inovadoras, e comunicação e troca de informações. [www.cidades.gov.br/pbqp-h](http://www.cidades.gov.br/pbqp-h)

<sup>123</sup> Projeto para Produção é aquele que proporciona a racionalização das atividades desenvolvidas no canteiro de obras, significando sua melhor organização e otimização e contribuindo para a qualidade do produto final. É papel essencial deste projeto a solução das questões que envolvem uma dada tecnologia construtiva, inclusive em termos de alternativas de especificação e detalhes do próprio produto, ao longo da elaboração do projeto, de modo a inserir as condicionantes de racionalização construtiva e construtibilidade, para ao final apresentar um processo de produto definido, permitindo o seu controle e garantindo a qualidade desejada para o produto (MELHADO, 1995 e 1998 apud VILLANI, 2004).

Tão importante quanto a seleção dos materiais adequados é a forma de aplicá-los e utilizá-los. Por isso, a cada momento desta pesquisa, ficou evidenciada a importância de um projeto de arquitetura bem elaborado e detalhado. O detalhamento de projeto é um poderoso instrumento para: a obtenção de qualidade ambiental, qualidade estética e durabilidade; a redução de custos, de consumo de recursos e de insumos; e para tornar possível a reutilização dos materiais. A tentativa de economizar recursos financeiros e reduzir prazos, descaracterizando esta fase de projeto – o que, infelizmente, se vê com tanta frequência na atualidade - representa lamentável engano.

Uma especificação criteriosa, que explore adequadamente as possibilidades oferecidas pela tecnologia e pelos materiais disponíveis no mercado, aliada a um detalhamento voltado para a proteção e a durabilidade dos elementos, além de suficiente à perfeita execução da obra, são fatores que atuam diretamente no desempenho da edificação, nos ganhos de durabilidade e na redução de desperdícios na construção.

As interfaces do projeto de arquitetura com as demais disciplinas envolvidas (instalações, estrutura, etc.) também devem ser amplamente trabalhadas na fase de detalhamento de projeto, visto que costumam gerar uma enormidade de pontos vulneráveis, comprometendo assim a qualidade e a durabilidade da construção. A fase de concepção é, sem dúvida alguma, a mais adequada para se ter uma visão sistêmica do empreendimento, sendo o arquiteto o profissional mais qualificado para coordenar a compatibilização entre as disciplinas.

Também pertencente ao projeto de arquitetura, o Caderno de Encargos<sup>124</sup> deve ser valorizado. Seu conteúdo representa, ou pelo menos deveria, um valioso guia de execução. Na prática, este documento muitas vezes é desvalorizado por ambas as partes. Inicialmente pelo projetista, que o produz de forma displicente, apenas para constar, chegando a descrever procedimentos a muito superados. Em seguida, pelo construtor, que o considera desnecessário, em vista de sua própria experiência, e opta por executar os serviços “a seu modo”. Ao ser elaborado e obedecido com critério, o Caderno de Encargos pode evitar uma enormidade de perdas e contribuir efetivamente para a durabilidade e qualidade da edificação.

---

<sup>124</sup> O caderno de encargos define, qualifica e estabelece as normas e os procedimentos das obras e dos serviços, além de fixar as obrigações e os direitos do proprietário e do construtor.

A entrega das edificações escolares recentemente construídas (ou reformadas) à Secretaria de Educação, atualmente não se faz acompanhar pelo fornecimento do Manual do Usuário, ainda que este seja de extrema importância. O documento deveria ser gerado objetivando orientar a direção da escola e sua equipe quanto a utilização, limpeza, conservação e manutenção do ambiente construído, instalações prediais e equipamentos; contribuindo para a obtenção do desempenho adequado e da vida útil prevista.

Uma séria questão, cuja citação também se faz necessária, diz respeito às intervenções arquitetônicas feitas por iniciativa da própria direção da instituição que, ao que tudo indica, são freqüentes em nossa rede pública de ensino. Estas intervenções estão, logicamente, sempre cobertas de boas intenções, mas podem ser bastante inadequadas em relação a diversos fatores, inclusive trazendo riscos à saúde de seus usuários. O presente trabalho não analisou o problema, apenas constatou sua existência.

### **6.3. Continuidade da Pesquisa**

Considerada internacionalmente como a técnica existente mais adequada à compreensão ambiental de produtos e serviços, a Avaliação do Ciclo de Vida ainda não se encontra plenamente desenvolvida, necessitando da continuidade de pesquisas para seu amadurecimento, inclusive no que se refere a produtos destinados ao setor da construção civil. Em nosso país, a carência de pesquisas no setor é ainda muito mais ampla e espera-se que no futuro os estudos na área de materiais de construção se proliferem.

Caso se deseje que uma avaliação não se atenha à análise de elementos de entrada e saída ao longo do ciclo de vida do produto em estudo, a questão fica ainda mais complexa. Como este trabalho tinha exatamente este objetivo: uma análise mais abrangente, com enfoque na sustentabilidade, optou-se pelo exame de uma série de características desejáveis aos materiais. Conseguiu-se com isso, uma visão sistêmica da questão, mas ainda há muito a ser pesquisado.

Seria interessante, inclusive, dar continuidade a esta pesquisa procurando inserir uma etapa de ponderação entre os diversos quesitos avaliados, através da utilização de algum método de análise multicritério.

Tudo isso se refere aos materiais de construção de uma forma geral. No contexto das escolas públicas de nossa cidade, as especificidades deste grupo de edificações abrem um grande leque de opções. Pode-se dar prosseguimento à avaliação de materiais freqüentemente utilizados, optar por pesquisar a utilização de novos materiais, ou ainda mergulhar em questões especificamente relacionadas à adoção de algum dos parâmetros utilizados neste trabalho.

## **Bibliografia**

AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A. **Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras**, relatório final. São Paulo: EPUSP/PCC, 1998.

AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A. **Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra**. Porto Alegre: ANTAC, 2003. Coletânea Habitare, vol. 2, cap.10, p.224-249.

ANTUNES, R.P.N. **Estudo da Influência da Cal Hidratada nas Pastas de Gesso**. Dissertação de Mestrado, São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária Web Site, Resolução – RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, Brasília, jan 2003. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003.html> Acesso em: 20 out 2006.

APRENDIZ. em resumo do artigo da **Folha de São Paulo**. site: <http://aprendiz.uol.com.br>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151 – Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando ao conforto da comunidade**. São Paulo: ABNT, Procedimento em 2000 e Errata em 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico**. São Paulo: ABNT, 1987 e Errata em 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14020 – Rótulos e declarações ambientais – Princípios gerais**. São Paulo: ABNT, 2002.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14021 – Rótulos e declarações ambientais – Autodeclarações ambientais (Rotulagem do tipo II)**. São Paulo: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14024 - Rótulos e declarações ambientais – Rotulagem ambiental do tipo I – Princípios e procedimentos**. São Paulo: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14040 – Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. São Paulo: ABNT, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14041 – Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida - Definição de objetivo e escopo e análise de inventário**. São Paulo: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14042 - Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida - Avaliação do impacto do ciclo de vida**. São Paulo: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14043 - Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Interpretação do ciclo de vida.** São Paulo: ABNT, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 16001 – Responsabilidade Social – Sistema de Gestão – Requisitos.** São Paulo: ABNT, 2004.

AZEVEDO, G.A.N. **As Escolas Públicas do Rio de Janeiro: Considerações sobre o Conforto Térmico das Edificações.** Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ, 1995.

\_\_\_\_\_, G.A.N. **Arquitetura Escolar e Educação: um Modelo Conceitual de Abordagem Interacionista.** Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002.

AZEVEDO, G.A.N.; BASTOS, L.E.G. **Qualidade de vida nas escolas: Produção de uma arquitetura fundamentada na interação usuário-ambiente.** Projeto do Lugar , Colaboração entre Psicologia, Arquitetura e Urbanismo – Coleção PROARQ. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ, 2002. p. 153-160.

BALTAR, C.A.M.; BASTOS, F.F.; LUZ, A.B. GIPSITA Capítulo 21 CT2005-122-00 Comunicação Técnica elaborada para Edição do Livro Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações. Pág. 449 a 470, Rio de Janeiro: CETEM - Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência e Tecnologia, 2005.

BANCO REAL ABN AMRO. **Guia de Boas Práticas na Construção Civil.** Disponível em: [http://portal3.aceiteabn.com.br/sustentabilidade/pdf/guia\\_const\\_civil.pdf](http://portal3.aceiteabn.com.br/sustentabilidade/pdf/guia_const_civil.pdf). Acesso em jan 2008.

BARBOSA, J. C., INO, A. **Madeira, Material de Baixo Impacto Ambiental na Construção – Análise do Ciclo de Vida..** Canela: II Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2001.

BARROS, M.A.B.; NUNES NETO, A.P.; VERGOLINO, J.R. **Fatores competitivos da cadeia produtiva do gesso: o caso do pólo do Araripe em Pernambuco.** XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 2006. consulta a : [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006\\_TR530358\\_6892.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR530358_6892.pdf)

BASTOS, L.E.G. Curso sobre Ventilação Natural. 2006. **Apostila da Disciplina de Ventilação e Qualidade do Ar.** PROARQ / FAU / UFRJ. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL, Congresso Nacional. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei nº 9.394/96, de 20 de dezembro 1996.** Estabelece as Diretrizes e Base da Educação Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de dez. 1996. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/CCIVIL\\_03/LEIS/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/LEIS/L9394.htm). Acessado em set. 2006.

\_\_\_\_\_, Congresso Nacional. **Lei nº 10.172/2001, de 09 de janeiro de 2001.** Aprova o Plano Nacional de Educação. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 de janeiro de 2001. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/110172.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110172.htm). Acessado em set. 2006.

\_\_\_\_\_, Ministério da Ciência e Tecnologia. **Avaliação do Ciclo de Vida.** Disponível em: <http://acv.ibict.br>. Acessado em mar.2006.

\_\_\_\_\_, Ministério das Cidades. **Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil – SIAC**, do PBQP-Habitat. Brasília, 2005.

\_\_\_\_\_, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros básicos de infra-estrutura para instituições de educação infantil.** Brasília: MEC/SEB, 2006.

\_\_\_\_\_, Ministério da Educação, Fundo de Fortalecimento da Escola. **Espaços educativos de ensino fundamental: subsídios para elaboração de projetos e adequação de edificações escolares.** Cadernos Técnicos nº 4, volume I. Brasília: MEC/FUNDESCOLA, 2002.

\_\_\_\_\_, Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2007: Ano base 2006, Relatório final.** Rio de Janeiro : 2007.

\_\_\_\_\_, Ministério de Minas e Energia; Secretaria de Minas e Metalurgia e Serviço Geológico Brasileiro. **Perspectivas do Meio Ambiente para o Brasil.** Belo Horizonte, 2002. Disponível em: [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br). Acessado em jun.2007.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho. Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho. Disponível em: <http://www.mtb.gov.br>. Acessado em set. 2006.

BRICKUS, L.S.R. e AQUINO NETO, F.R. **A Qualidade do Ar de Interiores e a Química.** Química Nova, São Paulo, 22:65-74, 1999.

BROWN, L. R. **Eco-Economia: Construindo uma Economia para a Terra.** Salvador: Editora UMA, 2003. cap. 6, p.129-152.

CANADA. *Indoor Air Quality - Tools for Schools Action Kit for Canadian Schools.* Published by authority of the Minister of Health, 2003.

CANUT, M.M.C. **Estudo da Viabilidade do Uso do Resíduo Fosfógeno como Material de Construção.** Dissertação de Mestrado em Construção Civil. Belo Horizonte: UFMG, 2006.

CARMO, A.T. e PRADO, R.T.A. **Qualidade do Ar Interno.** Texto Técnico, Departamento de Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1999. Disponível em <http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/ttcap23.pdf>. Acesso em out 2006.

CARNEIRO, F.P. **Qualidade do Ar de Interiores em Ambientes Especiais**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Química, UFRJ. Rio de Janeiro, 2001.

CARVALHO, J. **Análise de Ciclo de Vida ambiental aplicada à construção civil – Estudo de Caso: Comparação entre Cimentos Portland com adição de resíduos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. São Paulo: EPUSP, 2002.

CBPR – CENTRE OF BUILDING PERFORMANCE RESEARCH. **Table of Embodied Energy Coefficients**. School of Architecture - Victoria University of Wellington, New Zealand. Disponível em: <http://www.vuw.ac.nz/cbpr/resources/index.aspx> Acessado em 21/07/2007.

CHAVES, A. P.; CHIEREGATI, A.C. **Estado da Arte em Tecnologia Mineral no Brasil**. São Paulo: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE, 2002. Disponível em: [http://ftp.mct.gov.br/Fontes/Fundos/CTs/CTMineral/CT\\_Mineral\\_Estudos.htm](http://ftp.mct.gov.br/Fontes/Fundos/CTs/CTMineral/CT_Mineral_Estudos.htm). Acessado em set.2006.

CHEHEBE, J. R. B. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos – Ferramenta Gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

CHPS -*Colaborative for High Performance Schools – Best Practices Manual: Volume I - Planning* (2006); *Volume II - Design* (2006); *Volume III - Criteria* (2006); *Volume IV - Maintenance & Operations* (2004); *Volume V - Commissioning* (2006) e *Volume VI - Relocatable* (2006). Califórnia,U.S.

COELHO, J.M. **A influência dos novos padrões ambientais no mercado de minerais industriais**. Disponível em <http://www.comciencia.br/reportagens/2005/11/12.shtml>

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 002/1990**. "Dispõe sobre o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora - SILÊNCIO". Disponível em: [www.mma.gov.br/port/conama](http://www.mma.gov.br/port/conama) . Acessado em set.2006.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 307/2002**. "Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil". Disponível em: [www.mma.gov.br/port/conama](http://www.mma.gov.br/port/conama) . Acessado em out.2006.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 348/2004**. "Altera a Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos". Disponível em: [www.mma.gov.br/port/conama](http://www.mma.gov.br/port/conama) . Acessado em out.2006.

CORBELLA, O.D.; STANGENHAUS, C.R. **Características Térmicas de Materiais de Construção Usados no Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: FAPERJ, 1998.

CORBELLA, O.;YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – Conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Ed. Revan, 2003.

CORREIA, D.R.S. *Arquitetura e Avaliação Ambiental em Indústria Moveleira, Ênfase na Qualidade do Ar: Um Estudo de Caso.* Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ, 2003.

COSTA, N.A.A. **A Reciclagem do resíduo de Construção e Demolição: uma Aplicação da Análise Multivariada.** Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Florianópolis: UFSC, 2003.

DEL CARLO, U.; KRONKA, R. C. **Sustentabilidade e o Material Construtivo: Critérios de escolha de material construtivo com menor impacto ambiental.** São Paulo: Cadernos Técnicos do AUT, Nº 9, USP, 2002.

DENVER AIA, Committee on the environment. **Sustainable design resource guide.** Disponível em: [www.aiacolorado.org/SDRG/home.htm](http://www.aiacolorado.org/SDRG/home.htm). Acessado em mar.2007.

DREOSSI, R. C. F.; MOMENSOHN-SANTOS, T. **O Ruído e sua interferência sobre estudantes em uma sala de aula: revisão de literatura.** Pró-Fono Revista de Atualização Científica, Barueri (SP), v. 17, n. 2, p. 251-258, maio-ago. 2005.

DRUSZCZ, M.T. **Avaliação dos aspectos ambientais dos materiais de construção civil – Uma revisão bibliográfica com estudo de caso do bloco cerâmico.** Dissertação de Mestrado em Construção. Curitiba: UFPR, 2002.

DUEÑAS PEÑA, M.; FRANCO, L.S. **Projeto para Produção de Vedações Verticais: Inserção no Processo de Projeto e Método para Elaboração.** Rio de Janeiro: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2004.

EGAN, M.D. **Concepts in Architectural Acoustics.** U.S: McGraw-Hill Book Company, 1972.

EHRlich, D. **Arquitetura Escolar da Rede Pública do Município do Rio de Janeiro (1870-1970) – ênfase na década de 1960.** Rio de Janeiro: Curso de Especialização em História da Arte e da Arquitetura no Brasil – Centro de Ciências Sociais, Departamento de História, PUC, 2002.

*ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY HOME PAGE, Indoor Air Pollution.* Washington, DC. Out 2006. Disponível em: <http://www.epa/indoorairquality.html> Acesso em out 2006.

*EPA , Indoor Air Quality Reference Guide – Tools for Schools - EPA 402-K-95-001 (Third Edition), 2005.*

ESCOLA ON-LINE. **Revista Escola**, acesso em 22/09/2006 ao endereço: <http://revistaescola.abril.com.br/edicoes/0179/aberto/estresse.shtml> . Edição 179 – jan-fev /2005

FARIAS, C. E. G. **Mineração e Meio Ambiente no Brasil**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, 2002. Disponível em: [http://ftp.mct.gov.br/Fontes/Fundos/CTs/CTMineral/CT\\_Mineral\\_Estudos.htm](http://ftp.mct.gov.br/Fontes/Fundos/CTs/CTMineral/CT_Mineral_Estudos.htm). Acessado em set.2006.

FERREIRA DA COSTA, M. A. e BARROZO DA COSTA, M. F. **Benzeno: uma questão de saúde pública**. *INCI*, abr. 2002, vol.27, no.4, p.201-204. ISSN 0378-1844.

FROTA, A. B. ; SCHIFFER, S.R. **Manual do Conforto Térmico**. 6ª ed.. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GAE - GRUPO AMBIENTE-EDUCAÇÃO (PROARQ/FAU/UFRJ). **Padrões de Infra-Estrutura para o Espaço Físico Destinado à Educação Infantil**. Documento de trabalho do grupo, 21p., Rio de Janeiro, 2004.

GERMANI, D. J. **A Mineração no Brasil – Relatório Final**. Rio de Janeiro:Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, 2002.Disponível em: [http://ftp.mct.gov.br/Fontes/Fundos/CTs/CTMineral/CT\\_Mineral\\_Estudos.htm](http://ftp.mct.gov.br/Fontes/Fundos/CTs/CTMineral/CT_Mineral_Estudos.htm). Acessado em set.2006.

GIODA, A.; AQUINO NETO, F. R. **Poluição Química Relacionada ao Ar de Interiores no Brasil**. *Química Nova.*, São Paulo, v. 26, n. 3, 2003.

GOTTFRIED, D.A. **Sustainable Building Technical Manual. Green Building Design, Construction, and Operation**. USA: Public Technology Inc., US Green Building Council, 1996.

GRIGOLETTI, G.C.; SATTLER, M.A. **Estratégias ambientais para indústrias de cerâmica vermelha do estado do Rio grande do Sul**. Porto Alegre: Revista Ambiente Construído, ANTAC., v.3, n.3, p. 19-32, jul./set. 2003.

GUEDES, M.F. **Caderno de Encargos**. São Paulo: PINI, 2004.

HANS, R. F. **Avaliação de Ruído em Escolas**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PROMEC, 2001

IBAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Manual para elaboração de projetos de edifícios escolares na cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: IBAM/CPU, PCRJ/SMU, 1996.

ICOMOS – Conselho Internacional de Monumentos e Sítios. **Carta de Burra**, Austrália, 1980.

IEN- Instituto de Engenharia Nuclear, HOME PAGE. Disponível em: <http://www.ien.gov.br/areas/segprotrad.php> Acesso em dez. 2006.

*INNOVATIVE DESIGN. Sustainable Schools Guide.* Disponível em: [www.innovativedesign.net](http://www.innovativedesign.net) . Acessado em jun.2006.

INSTITUTO ETHOS. **Indicadores Ethos de Responsabilidade Social Empresarial 2007.** Disponível em : <http://www.ethos.org.br> . Acesso em jan 2008.

JOHN, V.M.; SATO, N.M.N.; AGOPYAN, V.; SJÖSTRÖM, C. **Durabilidade e Sustentabilidade: Desafios para a Construção Civil Brasileira.** São José dos Campos: Workdur, 2001 (publicado nos anais de discussão em Separata).

JOHN, V.M.; ÂNGULO, S.C. **Metodologia para desenvolvimento de reciclagem de resíduos.** Porto Alegre: ANTAC, 2003. Coletânea Habitare, vol. 4, cap. 2, p. 8-71.

JOHN, V.M.; ANGULO, S.C.; KAHN, H. **Controle da qualidade dos agregados de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos a partir de uma ferramenta de caracterização.** Porto Alegre : ANTAC, 2006. Coletânea Habitare, vol. 7, cap. 6, p.168-207.

JOHN, V. M.; SATO, N.M.N. **Durabilidade de componentes da construção.** Porto Alegre: ANTAC, 2006. Coletânea Habitare, vol. 7, cap. 2, p. 20-57.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição á metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo, Texto técnico: PCC/ EPUSP. Disponível em: [www.reciclagem.pcc.usp.br](http://www.reciclagem.pcc.usp.br). Acesso em jan. 2007.

JOHN, V.M. **Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar.** São Paulo, Texto técnico: PCC/ EPUSP. Disponível em: [http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des\\_sustentavel.htm](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des_sustentavel.htm) . Acesso em jan. 2007.

JOHN,V.M.; CINCOTTO, M.A. **Alternativas de gestão dos resíduos de gesso.** São Paulo, Texto técnico: PCC/ EPUSP. Disponível em: [www.reciclagem.pcc.usp.br](http://www.reciclagem.pcc.usp.br). Acesso em dez. 2007.

JOHN, V.m. **Por que durabilidade?** São Paulo, Texto técnico: Fórum da Construção. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br> . Acesso em nov.2007.

JUNQUEIRA, T. L., ALBUQUERQUE, E. L e TOMAZ, E. **Estudo sobre Compostos Orgânicos Voláteis em Campinas.** Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP. VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Campinas, 2005.

KRONKA, R.C. **Impacto e Consumo Energético Embutido em Materiais de Construção – Técnicas Construtivas.** Dissertação de Mestrado. São Paulo: IEE/USP, 1998.

KRÜGER, E. L.; DUMKE, E. M.S. **Avaliação Integrada da Vila Tecnológica de Curitiba.** Curitiba: Universidade Tuiuti do Paraná, 2001. Disponível em:

[www.utp.br/documentos/Avaliação\\_integrada\\_-\\_Vila\\_Teconológica.doc](http://www.utp.br/documentos/Avaliação_integrada_-_Vila_Teconológica.doc) Acesso em fev. 2007.

LIPPIATT, B.C. **BEES® 4.0 – Building for Environmental and Economic Sustainability Technical Manual and User Guide**. Gaithersburg, Maryland: NIST – National Institute of Standards and Technology. Technology Administration, U.S. Department of Commerce, 2007.

LYRA SOBRINHO, A.C.P.; AMARAL, A.J.R.; DANTAS, J.O.C.; DANTAS, J.R.A. **Balanco Mineral Brasileiro, 2001**. DNPM – Departamento Nacional de Pesquisa Mineral Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br>. Acesso em dez.2006.

MACHADO, R.A. **Avaliação de Compostos Orgânicos Voláteis em Ambientes Interiores Climatizados**. Tese de Doutorado, Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da USP. São Paulo, 2003.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: Os requisitos ambientais de produtos industriais**. Tradução de CARVALHO, A. São Paulo: EDUSP, 2002.

MARQUES, F.M. **A Importância da Seleção dos Materiais de Construção para a Sustentabilidade do Edifício**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ, 2007.

MASCARÓ L.; MASCARÓ, J.L.; KAEHLER, J.W.; BISOGNIN, M.A.A.; MASCARÓ, L.F. **Análise prévia para caracterização de aspectos energéticos dos materiais de construção**. Porto Alegre: UFRS, 1988.

MASTELLA, D.V. **Comparação entre os processos de produção de blocos cerâmicos e de concreto para alvenaria estrutural, através da análise do ciclo de vida**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Florianópolis: UFSC, 2002.

MASTNY, L. **Comprando para as Pessoas e o Planeta. Estado do Mundo**. In Estado do Mundo 2004. Relatório do Worldwatch Institute sobre o Avanço em Direção a Uma Sociedade Sustentável. Salvador: UMA/Worldwatch, 2004.

MELLO NETO, U.P. **Patrimônio Cultural construído: Proteção e conservação**. Recife: Revista do Instituto Arqueológico, Histórico e Geográfico Pernambucano, p.13 e 14, set./out., 1983.

MONTENEGRO, R.S.P.; PAN, S.S.K. **Informe Setorial nº 7**, BNDES, 1997.

NBPM-BHPS, **National Best Practices Manual for Building High Performance Schools**. Disponível em: <http://www.nrel.gov/docs/fy02osti/31545.pdf> . Acesso em jun. 2006.

OITICICA, M. L. G. R.; GOMES, M. L. B.. **O estresse do professor acentuado pela precariedade das condições acústicas das salas de aula.** XXIV Encontro Nac. de Eng. de Produção – Florianópolis, SC, Brasil, 03 a 05 de nov de 2004.

ORNSTEIN, S.W.; BORELLI, J.N. **O desempenho dos edifícios da rede estadual de ensino: O caso da Grande São Paulo.** São Paulo: FAU/USP, 1995.

ORNSTEIN, S.W.; MARTINS C. A. **Arquitetura, Manutenção e Segurança de Ambientes Escolares: um Estudo Aplicativo de APO.** São Paulo: Revista Ambiente Construído, junho/1997.

OSHA - Occupational Safety & Health Administration, HOME PAGE. Disponível em: <http://www.osha.gov/SLTC/indoorairquality/index.html> Acesso em nov 2006.

PIETROBON, C.E.; BARBOSA, M.J.; TOLEDO, L.M.A.; LAMBERTS, R.; PIETROBON, C.L.R. **Análise Comparativa do Consumo Energético na Fase de Fabricação dos Materiais de Construção.** Gramado: Conforto no Ambiente Construído, III Encontro Nacional, I Encontro Latino-Americano, 1995.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. **Edição Clarificada do Caderno de Encargos de Eficiência Energética para Prédios Públicos Municipais.** Rio de Janeiro , 2002.

RAMOS, D.Q. **Avaliação da Iluminação Natural em Salas de Aula – Estudo de Caso: Escolas Públicas em Teresina, PI.** Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ, 2004.

REIS, E. **Levantamento da Situação e das Carências Tecnológicas dos Minerais Industriais Brasileiros.** 2001. Disponível em: [http://ftp.mct.gov.br/Fontes/Fundos/CTs/CTMineral/CT\\_Mineral\\_Estudios.htm](http://ftp.mct.gov.br/Fontes/Fundos/CTs/CTMineral/CT_Mineral_Estudios.htm). Acessado em set.2006.

RIBEIRO, S. L.. **Espaço Escolar: um elemento (in)visível no currículo.** Revista Sitientibus, Feira de Santana, n.31, p. 103-118, jul./dez., 2004

ROCHA, J.C.; CHERIAF, M. **Aproveitamento de resíduos na construção.** Porto Alegre: ANTAC, 2003. Coletânea Habitare, vol. 4, cap. 3, p. 72-93.

SAFFARO, F.A.; SANTOS, D.G; HEINECK, L.F.. **Uma Discussão Acerca do Conceito de Construtibilidade.** Rio de Janeiro: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2004.

SAMPAT, P. **Livrando-se da Dependência da Mineração.** In: Estado do Mundo 2003. Relatório do Worldwatch Institute sobre o Avanço em Direção a Uma Sociedade Sustentável. Salvador: UMA/Worldwatch, 2003.

SANTOS, M. J. de O. **Ruído no Ambiente Escolar – Causas e Consequências**. Dissertação de Mestrado FAU/UFRJ – 1993.

SAVASTANO JR, H. **Sistemas de cobertura para construções de baixo custo: uso de fibras vegetais e de outros resíduos agroindustriais**. Porto Alegre: ANTAC, 2003. Coletânea Habitare, vol. 4, cap. 4, p. 94-123.

SECOM, Secretaria de Comunicação Social de Mato Grosso. **Notícias** em 31/10/2002. Endereço: <http://www.secom.mt.gov.br>.

SEEP, B.; GLOSEMEYER, R.; HULCE, E.; LINN, M.; AYTAR, P.; COFFEEN, B. **Acústica de Salas de Aula**. Revista de Acústica e Vibrações. Tradução: MONDL, S. Florianópolis: SOBRAC, v.29, p. 2-24, 2002.

SILÊNCIO, **Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora**. Em 15/10/2006, <http://www.ibama.gov.br/silencio/home.htm>

SILVA, A. M.; OLIVEIRA, L.; BITTENCOURT, C. **Lab. APO – Uma Experiência Interdisciplinar - Pesquisa Piloto: Investigação de um Prédio Escolar de Rede Pública Estadual de Ensino de Salvador**. NUTAU 2004

SILVA, A.P.F. **A Cor no Conforto Ambiental: Um estudo sobre a importância da cor na obtenção do conforto ambiental**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ, 1995.

SILVA, P. **Acústica Arquitetônica**. Belo Horizonte: Edições Engenharia e Arquitetura, 1968.

SILVA, V.G. **Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: Diretrizes e base Metodológica**. Tese de Doutorado em Engenharia. São Paulo: EPUSP, 2003.

SILVA, V.G.; SILVA, M.G. **Análise do ciclo de vida aplicada ao setor de construção civil: revisão da abordagem e estado atual**. In: VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: Modernidade e Sustentabilidade. Salvador: ENTAC - Anais, 2000.

SILVEIRA, L.B.S. **O Espaço Escolar na Rede Municipal do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado de Arquitetura. Rio de Janeiro: PROARQFAU/UFRJ, 2001.

SMO – Secretaria Municipal de Obras do Rio de Janeiro. Endereço: <http://obras.rio.rj.gov.br>

SORATTO,A.N.;MORINI,A.A.;ALMEIDA, M.A.S.;KNABBEN,P.S.; VARVAKIS, G. **Sistema de Gestão da Responsabilidade Social: Desafios para a Certificação NBR 16001**. Paraná: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Ponta Grossa - *Revista Gestão Industrial* v. 02, n. 04: p. 13-25, 2006

SOUZA, M. A. S. **Qualidade do Ar Interior do Edifício e o Projeto de Arquitetura**. 1995. Dissertação de Mestrado. PROARQ/UFRJ. Rio de Janeiro.

*U.S. GREEN BUILDING COUNCIL – USGBC. Sustainable Building Technical Manual*. U.S., 1996.

TAVARES, S.F.; LAMBERTS, R. **Consumo de Energia para Construção, Operação e Manutenção das Edificações Residenciais no Brasil**. Maceió: ENCAC-ELACAC 2005.

TONICELO, R.H.S. **Estudo dos materiais a partir de seus ciclos de vida: um olhar sobre as conseqüências ambientais de seus empregos no design**. Florianópolis: Revista DAPesquisa, Volume 1, nº 2 ago/2004 – jul/2005, CEART/UEDESC. Disponível em: [www.ceart.udesc.br/revista\\_dapesquisa/Volume1/DESIGN/artigo.materioteca.pdf](http://www.ceart.udesc.br/revista_dapesquisa/Volume1/DESIGN/artigo.materioteca.pdf). Acessado em: jun. 2007.

UEMOTO, K.L.; IKEMATSU, P.; AGOPYAN, V. **Impacto ambiental das tintas imobiliárias**. Porto Alegre: ANTAC, 2006. Coletânea Habitare, vol. 7, cap. 3, p. 58-95.

UEMOTO, K. L. e AGOPYAN, V. **Compostos Orgânicos Voláteis de tintas Imobiliárias**. Florianópolis, ENTAC 2006.

UNITED NATIONS. **Earth Summit Agenda 21**. United Nations Conference on Environment and Development – UNCED. Rio de Janeiro, 1992.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO. Em 10/03/2007, [www.usp.br/fau/pesquisa\\_sn/laboratorios/labaut/trabalhos\\_recentes/cecilia\\_mueller.pdf](http://www.usp.br/fau/pesquisa_sn/laboratorios/labaut/trabalhos_recentes/cecilia_mueller.pdf)

VILLANI, C. **Inserção de Novos Conceitos para Subsistemas Racionalizados no Projeto de Produção de Alvenaria de Vedação e sua Aplicação no Canteiro de Obras**. Rio de Janeiro: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2004.

WHO – World Health Organization Regional Office for Europe. Em 10/12/2006. <http://www.euro.who.int/Noise>

ZAMBRANO, L.M.A. **A Avaliação do Desempenho Ambiental da Edificação: um Instrumento de gestão Ambiental**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ, 2004.

ZWIRTES, D. P. Z; ZANNIN, P.H.T. **Avaliação do conforto acústico em salas de aula – Estudo de caso no estado do Paraná**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, ENTAC, 2006.

## Anexo 1: Fontes Típicas de Poluição do Ar em Ambientes Internos

A Resolução nº 09/2003 da ANVISA - Agência de Vigilância Sanitária, classifica os poluentes do ar em ambientes internos como **biológicos e químicos**, identificando suas principais fontes e recomendando medidas de correção, como a seguir:

### Quadro I - Possíveis Fontes de Poluentes Biológicos

<b>Agentes biológicos</b>	<b>Principais fontes em ambientes interiores</b>	<b>Principais Medidas de correção em ambientes interiores</b>
Bactérias	Reservatórios com água estagnada, torres de resfriamento, bandejas de condensado, desumificadores, umidificadores, serpentinas de condicionadores de ar e superfícies úmidas e quentes.	Realizar a limpeza e a conservação das torres de resfriamento; higienizar os reservatórios e bandejas de condensado ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes; eliminar as infiltrações; higienizar as superfícies
Fungos	Ambientes úmidos e demais fontes de multiplicação fúngica, como materiais porosos orgânicos úmidos, forros, paredes e isolamentos úmidos; ar externo, interior de condicionadores e dutos sem manutenção, vasos de terra com plantas.	Corrigir a umidade ambiental; manter sob controle rígido vazamentos, infiltrações e condensação de água; higienizar os ambientes e componentes do sistema de climatização ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes; eliminar materiais porosos contaminados; eliminar ou restringir vasos de plantas com cultivo em terra, ou substituir pelo cultivo em água(hidroponia); utilizar filtros G-1 na renovação do ar externo.
Protozoários	Reservatórios de água contaminada, bandejas e umidificadores de condicionadores sem manutenção	Higienizar o reservatório ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes.
Vírus	Hospedeiro humano.	Adequar o número de ocupantes por m <sup>2</sup> de área com aumento da renovação de ar; evitar a presença de pessoas infectadas nos ambientes climatizados.
Algas	Torres de resfriamento e bandejas de condensado.	Higienizar os reservatórios e bandejas de condensado ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes.
Pólen	Ar externo.	Manter filtragem de acordo com NBR-6401 da ABNT
Artrópodes	Poeira caseira.	Higienizar as superfícies fixas e mobiliário, especialmente os revestidos com tecidos e tapetes; restringir ou eliminar o uso desses revestimentos.
Animais	Roedores, morcegos e aves.	Restringir o acesso, controlar os roedores, os morcegos, ninhos de aves e respectivos excrementos.

**Quadro II - Possíveis Fontes de Poluentes Químicos**

<b>Agentes químicos</b>	<b>Principais fontes em ambientes interiores</b>	<b>Principais medidas de correção em ambientes Interiores</b>
CO	Combustão (cigarros, queimadores de fogões e veículos automotores).	Manter a captação de ar exterior com baixa concentração de poluentes; restringir as fontes de combustão; manter a exaustão em áreas em que ocorre combustão; eliminar a infiltração de CO proveniente de fontes externas; restringir o tabagismo em áreas fechadas.
CO2	Produtos de metabolismo humano e combustão.	Aumentar a renovação de ar externo; restringir as fontes de combustão e o tabagismo em áreas fechadas; eliminar a infiltração de fontes externas.
NO2	Combustão.	Restringir as fontes de combustão; manter a exaustão em áreas em que ocorre combustão; impedir a infiltração de NO2 proveniente de fontes externas; restringir o tabagismo em áreas fechadas.
O3	Máquinas copiadoras e impressoras a laser .	Adotar medidas específicas para reduzir a contaminação dos ambientes interiores, com exaustão do ambiente ou enclausuramento em locais exclusivos para os equipamentos que apresentem grande capacidade de produção de O3.
Formaldeído	Materiais de acabamento, mobiliário, cola, produtos de limpeza domissanitários	Selecionar os materiais de construção, acabamento e mobiliário que possuam ou emitam menos formaldeído; usar produtos domissanitários que não contenham formaldeído.
Material particulado	Poeira e fibras.	Manter filtragem de acordo com NBR-6402 da ABNT; evitar isolamento termo-acústico que possa emitir fibras minerais, orgânicas ou sintéticas para o ambiente climatizado; reduzir as fontes internas e externas; higienizar as superfícies fixas e mobiliários sem o uso de vassouras, escovas ou espanadores; selecionar os materiais de construção e acabamento com menor porosidade; adotar medidas específicas para reduzir a contaminação dos ambientes interiores (vide biológicos); restringir o tabagismo em áreas fechadas.
Fumo de tabaco	Queima de cigarro, charuto, cachimbo, etc.	Aumentar a quantidade de ar externo admitido para renovação e/ou exaustão dos poluentes; restringir o tabagismo em áreas fechadas
COV	Cera, mobiliário, produtos usados em limpeza e domissanitários, solventes, materiais de revestimento, tintas, colas, etc.	Selecionar os materiais de construção, acabamento, mobiliário; usar produtos de limpeza e domissanitários que não contenham COV ou que não apresentem alta taxa de volatilização e toxicidade.
COS-V	Queima de combustíveis e utilização de pesticidas.	Eliminar a contaminação por fontes pesticidas, inseticidas e a queima de combustíveis; manter a captação de ar exterior afastada de poluentes.

COV = Compostos Orgânicos Voláteis.

COS-V = Compostos Orgânicos Semi-Voláteis

**Nota:** Além dos poluentes citados pela ANVISA, cabe destacar o radônio, gás radioativo, incolor e inodoro, que se forma a partir do decaimento que ocorre naturalmente no urânio encontrado no solo e na água. Este gás, altamente tóxico, vem sendo objeto de vasta pesquisa em todo o mundo.

A EPA<sup>125</sup> classifica o radônio como um dos principais poluentes em recintos fechados, representando um sério risco à saúde da população. De acordo com suas estimativas, aproximadamente 20.000 mortes de câncer de pulmão por ano nos Estados Unidos são causadas pela exposição a este gás, sendo considerada a segunda maior causa da doença no país, após o fumo. No Brasil, o Instituto de Engenharia Nuclear - IEN informa que vem realizando estudos sobre o radônio desde 1994 e estes seriam considerados padrão na América Latina pela Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA. A pesquisa busca determinar a ocorrência de radônio no país e as formas de proteger a população de seus efeitos nocivos<sup>126</sup>.

**Principais fontes:** De acordo com o *Canadian Centre for Occupational Health and Safety – CCOHS*<sup>127</sup>, alguma quantidade desse gás está presente em toda parte: no solo, na água e no ar, sendo que ocorrem altos níveis particularmente em regiões onde o solo é rico em urânio. Segundo Brickus e Aquino Neto (1999), os mecanismos de penetração em recintos fechados variam enormemente. O radônio originário do solo pode entrar nas edificações através de fissuras e rachaduras localizadas no alicerce, nas paredes e nas lajes. Além disso, materiais de construção de origem natural, tais como tijolo cerâmico, mármore e granito, variam amplamente em concentrações deste gás. Níveis nocivos podem se acumular no interior das construções em áreas com baixa ventilação.

**Efeitos para a saúde humana:** Ao ser inalado, deposita-se nos pulmões levando ao risco de câncer.

**Principais medidas de correção:** conforme já visto, no Brasil as pesquisas estão em andamento e ainda não existe um mapeamento das áreas de periculosidade. Sendo assim, como medida preventiva, devem-se manter os ambientes bem ventilados.

---

<sup>125</sup> Endereço: <http://www.epa.gov/radon/index.html> . Acesso em nov. 2006.

<sup>126</sup> Endereço do IEN : <http://www.iem.gov.br>. Acesso em dez. 2006.

<sup>127</sup> Endereço : <http://www.ccohs.ca> . Acesso em nov. 2006.

## Anexo 2: Conteúdo Energético de Alguns Materiais Utilizados na Construção Civil

Exemplo de índices divulgados pelo *Centre of Building Performance Research (CBPR), School of Architecture - Victoria University of Wellington, New Zealand*<sup>128</sup>.

Material	MJ/kg	Material	MJ/kg
Agregados em geral	0,10	Tecido	
Pedra	0,04	Algodão	143
Pedra de rio	0,02	Poliéster	53,7
Alumínio	191	Vidro	
Extrudado	201	Cristal plano	15,9
Extrudado, anodizado	227	Temperado	26,2
Extrudado, c/ pintura de fábrica	218	Laminado	16,3
Lâmina	204	Colorido	14,9
Chapa	199	Isolamento	
Alumínio reciclado	8,1	Celulose	3,3
Extrudado	17,3	Fibra-de-vidro	30,3
Extrudado, anodizado	42,9	Poliéster	53,7
Extrudado, c/ pintura de fábrica	34,3	Poliestireno	117
Lâmina	20,1	Lã reciclada	14,6
Chapa	14,8	Tinta	90,4
Pavimentação asfáltica	3,4	A base de solvente	98,1
Betume	44,1	A base de água	88,5
Latão	62,0	Papel	36,4
Carpete	72,4	Kraft	12,6
Forro em feltro	18,6	Reciclado	23,4
Náilon	148	De parede	36,4
Poliéster	53,7	Gesso	4,5
Poli tereftalato de etila (PET)	107	Chapa	6,1
Polipropileno	95,4	Plásticos	
Lã	106	ABS	111
Cimento	7,8	Polietileno alta densidade	103
Argamassa	2,0	Polietileno baixa densidade	103
Painel	9,5	Poliéster	53,7
Solo-cimento	0,42	Polipropileno	64,0
Cerâmica		Poliestireno Expandido	117
Tijolo	2,5	Poliuretano	74,0
Tijolo vitrificado	7,2	PVC	70,0
Tubo	6,3	Borracha	
Telha	2,5	Látex natural	67,5
Concreto		Sintética	110
Bloco	0,94	Selantes e adesivos	
Tijolo	0,97	Fenol formaldeído	87,0
Painel reforçado c/ fibra de vidro	7,6	Ureia formaldeído	78,2
Peças p/ pavimentação	1,2	Madeira macia (de árvores resinosas)	
Pré-fabricado	2,0	Rústica, seca ao ar	0,3

<sup>128</sup> Disponível no endereço: <http://www.vuw.ac.nz/cbpr/resources/index.aspx> . Acessado em jul 2007.

<b>Material</b>	<b>MJ/kg</b>	<b>Material</b>	<b>MJ/kg</b>
Mistura pronta 17,5MPa	1,0	Rústica, seca em estufa	1,6
30MPa	1,3	Aplainada, seca ao ar	1,16
40MPa	1,6	Aplainada, seca em estufa	2,5
Cobre	70,6	Painel MDF	11,9
Aço em geral	32,0	Painel aglomerado	8,0
Galvanizado	34,8	Madeira dura (de árvores folhosas)	
Aço reciclado	10,1	Rústica, seca ao ar	0,5
Piso vinílico	79,1	Rústica, seca em estufa	2,0
Zinco	51,0	Linóleo	116
Chumbo	35,1	Areia	0,10

Fonte: CBPR (tradução nossa)

### Anexo 3: Estimativa de Vida das Reservas de Alguns Minerais

<b>Recurso</b>	<b>Extração Anual</b> (kg/ano)	<b>Reserva Natural</b> (kg)	<b>Estimativa de Vida</b> (anos)
<b>Carvão</b>	4,5 E+ 12	3,0 E+ 15	666
<b>Bauxita</b>	1,1 E+ 11	2,8 E+ 13	257
<b>Cobre</b>	9,8 E+ 09	6,1 E+ 11	62
<b>Ouro</b>	2,2 E+ 0,6	6,1 E+ 07	28
<b>Manganês</b>	7,3 E+ 0,9	5,0 E+ 12	685
<b>Mercúrio</b>	3,1 E+ 06	2,4 E+ 08	77
<b>Prata</b>	1,4 E+ 07	4,2 E+ 08	30
<b>Ferro</b>	4,3 E+ 11	1,0 E+ 14	231
<b>Níquel</b>	9,2 E+ 08	1,1 E+ 11	120
<b>Zinco</b>	7,1 E+ 09	3,3 E+ 11	47
<b>Chumbo</b>	2,8 E+ 09	1,2 E+ 11	43
<b>Urânio</b>	3,3 E+ 07	1,3 E+ 10	412

Fonte Lippiatt (1998, apud DRUSZCZ, 2002)

## **Anexo 4: Indicadores Ethos de Responsabilidade Social Empresarial 2007<sup>129</sup>**

### **I. Valores, Transparência e Governança**

#### *Auto-regulação da Conduta*

1. Compromissos Éticos
2. Enraizamento na Cultura Organizacional
3. Governança Corporativa

#### *Relações Transparentes com a Sociedade*

4. Relações com a Concorrência
5. Diálogo e Engajamento das Partes interessadas
6. Balanço Social

### **II. Público Interno**

#### *Diálogo e Participação*

7. Relações com Sindicatos
8. Gestão Participativa

#### *Respeito ao Indivíduo*

9. Compromisso com o Futuro das crianças
10. Compromisso com o Desenvolvimento Infantil
11. Valorização da Diversidade
12. Compromisso com a Não-discriminação e Promoção da Equidade Racial
13. Compromisso com a Promoção da Equidade de Gênero
14. Relações com Trabalhadores Terceirizados

#### *Trabalho Decente*

15. Política de Remuneração, Benefícios e Carreira
16. Cuidados com Saúde, Segurança e Condições de Trabalho
17. Compromisso com o Desenvolvimento Profissional e a Empregabilidade
18. Comportamento nas demissões
19. Preparação para Aposentadoria

### **III. Meio Ambiente**

#### *Responsabilidade com as Gerações Futuras*

20. Compromisso com a Melhoria da Qualidade Ambiental

---

<sup>129</sup> Disponível no endereço <http://www.ethos.org.br> . Acessado em jan 2008.

21. Educação e Conscientização Ambiental

*Gerenciamento do Impacto Ambiental*

22. Gerenciamento dos Impactos sobre o Meio Ambiente e do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços

23. Sustentabilidade da Economia Florestal

24. Minimização de Entradas e Saídas de Materiais

**IV. Fornecedores**

*Seleção, Avaliação e Parceria com Fornecedores*

25. Critérios de Seleção e Avaliação de Fornecedores

26. Trabalho Infantil na Cadeia Produtiva

27. Trabalho Forçado (ou Análogo ao Escravo) na Cadeia Produtiva

28. Apoio ao Desenvolvimento de Fornecedores

**V. Consumidores e Clientes**

*Dimensão Social do Consumo*

29. Política de Comunicação Comercial

30. Excelência no Atendimento

31. Conhecimento e Gerenciamento dos Danos Potenciais de Produtos e Serviços

**VI. Comunidade**

*Relações com a Comunidade Local*

32. Gerenciamento do Impacto da Empresa na Comunidade de Entorno

33. Relações com Organizações Locais

*Ação Social*

34. Financiamento da Ação Social

35. Envolvimento com a Ação Social

**VII. Governo e Sociedade**

*Transparência Política*

36. Contribuições para Campanhas políticas

37. Construção de Cidadania pelas Empresas

38. Práticas Anticorrupção e Antipropina

*Liderança Social*

39. Liderança e Influência Social

40. Participação em Projetos Sociais Governamentais