

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA
PROPAR**

**A cobertura nos edifícios de grandes vãos: uma proposta de
ferramenta de apoio**

Eduardo Grala da Cunha

Orientador

Prof. Dr. Juan Luis Mascaro – PROPAR - UFRGS

Co-orientador

Prof. Dr. Wolfram Jäger – TU Dresden - Alemanha

Porto Alegre

Stembro de 2005

EDUARDO GRALA DA CUNHA

**A cobertura nos edifícios de grandes vãos: uma proposta de
ferramenta de apoio**

Tese apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Arquitetura.

Orientador

Prof. Dr. Juan Luis Mascaró – PROPAR - UFRGS

Co-orientador

Prof. Dr. Wolfram Jäger – TU Dresden - Alemanha

Porto Alegre

Stembro de 2005

CIP – Catalogação na Publicação

C972c Cunha, Eduardo Grala da
A cobertura nos edifícios de grandes vãos : uma proposta
de ferramenta de apoio / Eduardo Grala Cunha. – 2005.
228 f.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande
do Sul, 2005.

Orientação: Dr. Juan Luis Mascaro

1. Arquitetura 2. Projetualidade 3. Coberturas industriais
I. Mascaro, Juan Luis, orient. II. Título

CDU: 72

Catalogação na fonte: bibliotecária Sandra Ionice Moreira Ebersol - CRB 10/1614

Eduardo Grala da Cunha

**A cobertura nos edifícios de grandes vãos: uma proposta de
ferramenta de apoio**

Banca Examinadora:

Professor Doutor Juan Luís Mascaró – PROPAR/PROPUR/PPGEP - UFRGS - Orientador

Professor Doutor José Luís Duarte Ribeiro – PPGEP - UFRGS – Examinador

Professor Doutor Cláudia Pianta Costa Cabral - PROPAR – UFRGS –Examinador

Professor Doutor Sylvio Arnaldo Dick Jantzen – UFPel – Examinador

Porto Alegre

Setembro de 2005

Dedico esta tese aos meus pais Edison Cunha e Maria Luiza
Grala e à minha amada e companheira esposa Aline, pela
paciência, amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço à minha família pelo incondicional apoio durante os percalços do sinuoso caminho de materialização deste sonho, meu pai Edson, minha querida mãe Maria Luiza, minha querida sogra Zélia Bandeira e aos meus irmãos e amigos André e Filipe.

Agradeço ao meu amigo arquiteto Luciano Vasconcellos pela grande ajuda durante o período de minha licença junto à UPF e pelo incondicional apoio durante diferentes momentos da jornada.

Agradeço à professora Lúcia Mascaró pelo apoio e precioso tempo dedicados ao meu trabalho.

Agradeço ao Prof. Juan Luís Mascaró, orientador, pelo apoio dado dentro e fora do âmbito da realização do trabalho.

Agradeço aos meus colegas da Universidade de Passo Fundo que de alguma forma contribuíram durante a confecção da minha tese, em especial aos professores Adriana Gelpi, Dóris Zechmeister, Luciano Vasconcellos e Juan José Mascaró.

Agradeço à coordenação do PROPAR pela minha liberação no ano de 2003 para a realização dos estudos complementares na Alemanha.

Agradeço ao professor Wolfram Jäger, co-orientador deste trabalho, pela disposição em ajudar na materialização desta tese durante a minha estada em Dresden, junto à TU Dresden.

Agradeço ao CNPq pela bolsa durante o período 2004/2005, por intermédio da qual pude me dedicar única e exclusivamente à realização desta tese, durante a estada na Alemanha, apoio fundamental para a finalização do trabalho. Em especial, agradeço à senhora Linda Rosa, que esteve sempre à disposição com o compromisso de minimizar as dificuldades dos bolsistas fora do país.

Há muitas maneiras de avançar, mas só uma maneira de
ficar parado.

Franklin D. Roosevelt

RESUMO

CUNHA, Eduardo G. da. **A cobertura nos edifícios de grandes vãos: uma proposta de ferramenta de apoio**. 2005. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

Este trabalho verifica a viabilidade da utilização de ferramentas de apoio à decisão no âmbito das dimensões tecnológica e ambiental como mecanismo de geração de conhecimento para o arquiteto durante a fase de projeto. A verificação é apresentada através da criação de um modelo de apoio à decisão, vinculado a aspectos tecnológicos e ambientais, para a escolha de uma cobertura de um edifício industrial. Os critérios de avaliação utilizados no desenvolvimento do modelo são oriundos da norma ISO DP 6241. Buscando resgatar a importância da tecnologia na projetualidade da arquitetura em geral, num primeiro momento é analisado o papel da dimensão tecnológica a partir do entendimento dos últimos 200 anos da produção arquitetônica mundial. Posteriormente, é apresentada a contribuição da tipologia edifício industrial como também do elemento de arquitetura cobertura na projetualidade em geral, através da análise da produção mundial no referido período. Essas análises permitem a geração de uma nova classificação da presença da tecnologia em edificações a partir do entendimento do grau de intensidade da valorização dessa dimensão. Essa verificação histórica permitiu, também, caracterizar uma estreita relação entre o edifício industrial, a tecnologia e a cobertura, a qual é determinada pela incorporação das conquistas tecnológicas nos edifícios de produção ao longo da história, como também é marcada pela importância do elemento de arquitetura cobertura no ecletismo tecnicista da produção da arquitetura do ferro da segunda metade do século XIX. A partir da análise histórica e da definição das variáveis importantes para a escolha de uma cobertura industrial, é criado e testado o modelo através do desenvolvimento de um estudo de caso de um edifício industrial em Passo Fundo, RS. Através desse estudo, é possível verificar a viabilidade da utilização de uma ferramenta de apoio à decisão como dispositivo de geração de conhecimento durante a fase de desenvolvimento do projeto.

Palavras-chave: Dimensão tecnológica da projetualidade; coberturas industriais, coberturas.

ABSTRACT

CUNHA, Eduardo G. da. **A cobertura nos edifícios de grandes vãos: uma proposta de ferramenta de apoio**. 2005. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

The roof in the large gap buildings: an aided tool proposal

This work verifies the feasibility of aided tools to decision utilization, in the scope of the referred dimensions as mechanism of knowledge creation, to the architect, during the project phase. The verification is presented through creation of aided model to decision, bonded to psychological and environmental aspects, to the choice of a roof of an industrial building. The evaluation criteria used in the model development are originating from ISO DP 6241 standard. Searching to rescue the importance of technology in Architecture, in a first moment, the role of technological dimension is analysed from the last 200 years of world architectural production. Subsequently, the contribution of industrial typology is presented, as well as the building roof element, in general architecture, through analysis of world production in the referred period. These analysis allow the creation of a new classification of the technology presence in buildings, from the understanding of intensity grades of increase value the referred dimension. This historical verification also allowed to characterizing a close relation between the industrial building, technology and roof. The mentioned relation is determined by the incorporation of technological advances on production buildings along the history, as well as it is characterized by the importance of the roof architecture element in technicist eclecticism of the iron architecture production in the second part of the XIX century. From historical analysis and from the definition of important variants for the choice of an industrial roof it is created and tested a model through the development of a case study of an industrial building in Passo Fundo, RS. Through this study, it is possible to verify the feasibility of an aided tool to decision as a knowledge creation device during the project development phase.

Key-words: technological dimension in architecture; industrial roofs; roofs.

SUMÁRIO

1....O CONTEXTO DA TECNOLOGIA NA DIVERSIDADE DA PROJETUALIDADE DA ARQUITETURA	17
Revisão e panorama da questão	17
A proposta de trabalho	20
1.1. A cobertura e o edifício industrial	26
2....BREVE HISTÓRICO DO USO DA TECNOLOGIA NA ARQUITETURA NOS ÚLTIMOS DUZENTOS ANOS	28
Revisão e panorama da questão	28
2.1. Principais aspectos da análise histórica do papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura em geral	41
2.1.1. Contribuição histórica da análise	41
2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças	42
2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica com base na leitura dos elementos de arquitetura	43
3....A PROJETUALIDADE DAS COBERTURAS E DOS EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS NOS ÚLTIMOS DUZENTOS ANOS	46
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos	46
Revisão e panorama da questão	46
3.1.1. Século XVIII	49
3.1.2. Século XIX	54
3.1.3. Século XX	63
3.1.4. O Cenário Atual	80
3.1.4.1 A forma vinculada aos propósitos imediatos – o caso geral	81
3.1.4.2 A forma vinculada aos propósitos imediatos e à imagem da indústria – o caso europeu	81
3.1.4.3 . Propósitos imediatos vinculados à mensagem – o novo arranjo da função	82
3.1.5 Aspectos relevantes da análise dos edifícios industriais	84
3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos nos últimos duzentos anos ...	86
Revisão e panorama da questão	86
3.2.1 Os ordenados princípios geométricos – o telhado na Renascença e no Classicismo	86
3.2.2 A segunda metade do século XIX – as coberturas como marca registrada do Eclétismo Tecnícista ..	89
3.2.3 A Escola de Chicago e a consolidação do telhado plano	91
3.2.4 O século XX e a consolidação das técnicas da cobertura	91
3.2.5 A cobertura horizontal de Adoolf Loos, Frank Loyd Wright e Le Corbusier	92
3.2.6 Entre 1945 e 1980	94
3.2.7 Final do século XX – um novo eclétismo tecnícista?	97
3.2.8 Aspectos da evolução histórica das coberturas	100
3.2.8.1 Século XVIII	100
3.2.8.2 Século XIX – Participação no desenvolvimento tecnológico	100
3.2.8.3 Século XX - participação na consolidação da nova forma moderna.	101
3.2.8.4 A atualidade: participação na consolidação da pluralidade	101

4... DA PROJETUALIDADE PARA A CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA - ENTENDENDO O PAPEL DA DIMENSÃO TECNOLÓGICA.....	102
Revisão e panorama da questão	102
4.1. Contexto da decisão arquitetônica – situando a dimensão tecnológica.....	105
4.2. A discussão da utilização de modelos de apoio à decisão – as possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	116
4.3. Dimensão formal, funcional e a relação com o entorno - a impossibilidade da totalidade quantificável.....	117
4.4. Dimensão tecnológica e ambiental – a possibilidade da mensuração	120
4.5. Os modelos de apoio à decisão enquanto formação de repertório de projeto	122
5... VARIÁVEIS DE AVALIAÇÃO DAS COBERTURAS INDUSTRIAIS.....	124
Revisão e panorama da questão	124
5.1. Variáveis de avaliação ambientais.....	126
5.1.1. Conforto visual	127
5.1.2. Conforto higrotérmico.....	130
5.1.3. Conforto acústico	138
5.2. Variáveis de avaliação construtivas.....	141
5.2.1. Segurança	141
5.2.2. Estanqueidade.....	144
5.3. Variável de avaliação sustentabilidade.....	145
5.3.1. Sustentabilidade.....	145
5.4. Variável de avaliação funcional e de custos.....	148
5.4.1. Flexibilidade da planta	148
5.4.2. Custos	149
5.5. Os requisitos que a cobertura deve satisfazer na leitura visual do edifício industrial	151
5.5.1. Papel “funcional” da cobertura de um edifício industrial	152
5.5.2. O caráter arquitetônico de uma cobertura industrial	153
6... CRÍTICA AO MODELO DE AVALIAÇÃO DE COBERTURAS INDUSTRIAIS	157
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição	159
6.2. Desenvolvimento do modelo.....	160
6.3. Aplicação do modelo: o exemplo.....	164
6.4. Testes e verificações.....	176
7... CONSIDERAÇÕES FINAIS	187
A abordagem histórica – o entendimento do papel tecnológico.....	187
A abordagem resolutiva – a criação da ferramenta	189
A abordagem resolutiva – a análise dos resultados	190
Antes e depois da tese.....	191
REFERÊNCIAS.....	198

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Jardins botânicos em Londres (W & D Baile e Paxton).....	27
Figura 1.2 – Jardim botânico em Viena (F.Segenschmid, 1882).....	27
Figura 2.1- Glyptothek em Munique.	29
Figura 2.2 – Hofftheater, Teatro Pátio em Dresden, Alemanha.	29
Figura 2.3- Pavilhão de Máquinas da exposição mundial de 1889, Paris.	30
Figura 2.4- Concurso “Torre da Tribuna de Chicago”, projetos de Adoolf Loos, Bruno Taut e Walter Gropius, 1922.	31
Figura 2.5- La città nuova - Projeto de Sant’Elia em 1914.	32
Figura 2.6- Projeto Geschwindigkeit – velocidade, Alexanderplatz, Berlin, Projeto de Wassil e Hans Luckhardt, 1929.....	33
Figura 2.7 -Navio Lamorcière, Compagnie Transatlantique.	33
Figura 2.8- Villa Schminke, Loebtau, Alemanha, projetado em 1933 por Hans Schroun.	34
Figura 2.9- Casa de compras Schocken em Chemitz, projetado em 1930 por Erich Mandelsohn.....	35
Figura 2.10- Prédio do jornal “Leningradskaja Prawda, projetado em 1924 pelos irmãos Wesnin em Moscou.	35
Figura 2.11- Casa Schroeder, 1917, projeto de Gerrit Rietvelds.	36
Figura 2.12- Dimensão funcional de representação - Banco Alemão, Dresden, edifício administrativo, Berlin. 43	
Figura 2.13- <i>Glasermanufaktur</i> em Dresden, Fábrica da VW, projeto do arquiteto Gunter Henn, Dresden 2001. 44	
Figura 2.14- Dimensão representativa intrusiva - Fábrica Cidade dos Autos, Wolfsburg, Alemanha.....	45
Figura 3.1- Tipologia industrial, moinho alemão, Rattigen 1783.....	50
Figura 3.2- Tipologia industrial, caráter de edifício agrícola, 1764, Inglaterra.....	51
Figura 3.3- Fundação, Lautenberg, 1733, reformada em 1822 e 1906.	52
Figura 3.4- Benthams Panopticon.....	53
Figura 3.5- Fábrica de Sucos, Turíngia, 1837.	56
Figura 3.6- Fábrica da Siemens, Berlin, 1898.	57
Figura 3.7- Subúrbios ingleses.....	58
Figura 3.8- New Harmony, 1925, EUA	60
Figura 3.9- Cidade do sexto período, projeto de Fourier, 1822.	60
Figura 3.10- Falanstério de Godin, 1859-1885, França.	61
Figuras 3.11 e 3.12 - Fábricas Fagus e AEG, projetos de Gropius e Behrens, 1910-1914, 1910-1911.	65
Figura 3.13- Indústrias da década de 1960, Fábrica de Rolamento, Peen, EUA, Filadélfia, Carol Grisdale e Van Alen, área de produção e armazenamento compacta.	67
Figura 3.14- Indústrias da década de 1960, Fábrica de Bebidas, México, Félix Candela, área de produção e armazenamento decomposta.	67

Figura 3.15- Usina de carvão Enso Gutzeit, Varkaus, projeto do arquiteto finlandês Erkki Kairamo, 1990.	69
Figura 3.16- Central de energia, Viena, projeto do escritório COOP Himmelblau Wolf D. Prix, 1988-89.	71
Figura 3.17- Caráter associativo da silhueta das edificações.	72
Figura 3.18- Cidade descentralizada e jardim de Howard, 1898.	73
Figura 3.19- Cidade industrial de Tony Garnier, 1904.	73
Figura 3.20- Cidade-jardim de Hellerau, Dresden, Richard Riemerschmid, 1911.	74
Figura 3.21- Cidade-jardim de Hellerau, Dresden, Projeto das residências, Hermann Muthesius, 1911.	74
Figura 3.22- Fábrica Fagus, Walter Gropius, 1910-1914.	76
Figura 3.23-Indústrias com ambiência interior controlada rigorosamente.	77
Figuras 3.24 e 3.25 – Sistemas de ventilação industrial – coberturas/paredes.	78
Figuras 3.26 e 3.27 – Características das envoltentes da tipologia industrial.	79
Figura 3.28– Fábrica da Jostra, conceito <i>box in box</i> , fachada.	80
Figura 3.29– Fábrica da Jostra, conceito <i>box in box</i> , planta baixa.	80
Figura 3.30– Indústria Forestal Centromaderas, 1996, Santiago do Chile, vista geral.	82
Figura 3.31– Centro de Atendimento de Clientes, Nantes, França, 1988.	83
Figura 3.32– Fábrica da Volkswagen em Dresden, 1999, projeto do Escritório de Arquitetura Henn Architekten.	83
Figura 3.33 – Um dos primeiros telhados planos com isolamento, Passauer Fürstbischhof, 1700.	87
Figura 3.34 – Projeto da salina real, França, Boullée, 1771. <i>Haus des Wasserbaudirektor</i>	88
Figura 3.35 – <i>Kaufhaus</i> em Bautzner, Loja Karstadt, Alemanha.	89
Figura 3.36 – Construção em série da cobertura, projeto de Paxton, 1851, Palácio de Cristal.	90
Figura 3.37 – Projeto de Ludwig Mies Van der Rohe, Crown Hall al ITT, Chicago, 1953.	95
Figura 3.38 – Projeto de Egon Eiermann und Sep Ruf, Pavilhão Alemão, Exposição Mundial de 1958, Bruxelas.	95
Figura 3.39 – Projeto do escritório de arquitetura Atelier 5, Conjuntos Habitacional em Halen, Suíça, 1959-1961.	95
Figura 3.40 – Projeto de Herman Hertzberger, edifício administrativo da companhia de seguros Centrall Beheer, Apeldoorn, 1970-1972.	96
Figura 3.41 – Projeto de Tadao Ando.	97
Figura 3.42 – Projeto de Fumihiko Maki, Pavilhão Tepia, Tóquio, 1989.	98
Figura 3.43 – Tendências da projetualidade das coberturas de edificios com grandes vãos no que tange a dimensão formal – Valorização da cobertura na composição. Projeto de Norman Foster, Centro da Mercedes Bens, Sindelfingen, Alemanha, 1993-98.	99
Figura 3.44 – Tendências da projetualidade das coberturas de edificios com grandes vãos no que tange à dimensão formal – A cobertura sem força na composição. Projeto de Detlef Schreiber, Fábrica de Montagem Stonehouse, Munique, 1988-90.	99
Figura 4.1 – O processo de projeto arquitetônico.	107
Figura 4.2 – Centro de Artes Visuais, Inglaterra, 1974-1978, Projeto de Norman Foster.	109

Figura 4.3 – Croquis de definição do partido, Todo Conceitual, Norman Foster, 1974, Centro de Artes Visuais, Inglaterra.....	110
Figura 4.4 – Croquis de definição do partido, Todo Conceitual, Norman Foster, 1974, Centro de Artes Visuais, Inglaterra.....	110
Figura 4.5 – Croquis de definição do partido, Todo Conceitual, princípios estruturadores funcionais - Norman Foster, 1978, Banco Hong-Kong, China.....	111
Figura 4.6 – Croquis de definição do partido, Todo Conceitual, princípios estruturadores tecnológicos - Norman Foster, 1978, Banco Hong-Kong, China.....	112
Figura 4.7 – Croquis de definição do Partido, Todo Conceitual, Princípios estruturadores formais -Norman Foster, 1978, Banco Hong-Kong, China.....	112
Figura 4.8 – Croquis de definição do Partido, Todo Conceitual, Princípios estruturadores tecnológicos - Norman Foster, 1978, Banco Hong-Kong, China.....	113
Figura 4.9 – Croquis de definição do partido, Todo Conceitual, Princípios estruturadores funcionais - Norman Foster, 1983, Centro de distribuição da Renault.....	114
Figura 4.10 – Categorias de análise da forma segundo Tedeschi.....	118
Figura 5.1 – CLD – Sistema de iluminação zenital shed.....	128
Figura 5.2 – CLD – Sistema de iluminação zenital lanternim.....	129
Figura 5.3 – CLD – Sistema de iluminação zenital dupla inclinação.....	129
Figura 5.4 – Relação d/h.....	130
Figura 5.5– Projeto ventilação Otis, São Paulo.....	134
Figura 5.6 – Energia sonora encontrando um fechamento.....	139
Figura 5.7 - Principais etapas do ciclo de vida dos materiais de construção.....	147
Figura 5.8 – Análise Ciclo de vida, estudo comparativo aço/concreto.....	148
Figura 5.9 – Relação vão-custos para diferentes sistemas de coberturas industriais.....	150
Figura 5.10 – Variáveis de análise do papel funcional de uma cobertura de um edifício industrial.....	153
Figura 5.11 – O caráter arquitetônico de uma cobertura industrial, tendência das indústrias vinculadas à resolução programática, JCDecaux, Inglaterra, Norman Foster, 1997-2000.....	155
Figura 5.12 – O caráter arquitetônico de uma cobertura industrial, tendência das coberturas valorizadas no todo construído, Centro de Distribuição da Renault, Norman Foster, França, 1980-1982.....	155
Figuras 5.13, 5.14 – O caráter arquitetônico de uma cobertura industrial, tendência das coberturas valorizadas no todo construído, caráter programático, shed, chaminés.....	156
Figura 6.1 – O contexto decisório – primeira etapa.....	160
Figura 6.2 – Estrutura do problema – construção do modelo.....	161
Figura 6.3 – Definição da árvore de arborescência para a análise dos aspectos tecnológicos, ambientais e de custos para a escolha de uma cobertura industrial.....	161
Figura 6.4 – Definição dos PVFs e PVEs.....	162
Figura 6.5 – Estruturação do modelo.....	164
Figura 6.6 – Definição dos níveis de impacto.....	166
Figura 6.7 – Esquema de definição dos níveis de impacto dos descritores.....	166
Figura 6.8 – Definição dos níveis de impacto Neutro e Bom.....	167

Figura 6.9 – Matriz de julgamento semântico, critério custos de implantação, utilização do software <i>Machbeth</i>	170
Figura 6.10– Software Machbath, determinação dos pesos da variável custos a partir da matriz de julgamentos semânticos	174
Figura 6.10– Software Machbath, determinação dos pesos da variável custos a partir da matriz de julgamentos semânticos	174
Figura 6.11– Determinação dos pesos das variáveis, método <i>Swing Weights</i>	175
Figuras 6.12, 6.13 e 6.14– Fotografias da empresa GZT, projeto do arquiteto Nino Machado, Passo Fundo, 2000.	176
Figura 6.15– Planta Baixa da administração, GZT, projeto do arquiteto Nino Machado, Passo Fundo, 2000.	177
Figura 6.16– Fachada principal da empresa GZT, Passo Fundo, 2000.	177
Figuras 6.17 a 6.21– Quatro novas propostas de coberturas analisadas.	179
Figura 6.22– Análise global dos cinco diferentes sistemas de coberturas para a indústria GZT, proposta 1.	179
Figura 6.23– Análise global dos cinco diferentes sistemas de coberturas para a indústria GZT, proposta 2.	180
Figura 6.24– Análise do perfil dos diferentes sistemas de coberturas para a indústria GZT, proposta 3....	180
Figura 6.25– Análise do perfil do quinto sistema de cobertura para a indústria GZT, proposta 4.	181
Figura 6.26– Análise do perfil do quinto sistema de cobertura para a indústria GZT.	181
Figura 6.27– Análise do perfil do quinto sistema de cobertura para a indústria GZT.	182
Figura 6.28– Avaliação global de cinco diferentes sistemas de coberturas para a indústria GZT.....	182

LISTA DE TABELAS

Tabela I.I – Estilos de Arquitetura na Atualidade	18
Tabela II.1 – Comparação do canto das fábricas Fagus, Gropiuis e da AEG, Behrens	65
Tabela V.I – Relações entre luminâncias no campo de visão	127
Tabela V.2 – CLD – Fatores recomendados	128
Tabela IV.3 – Eficiência luminosa de elementos zenitais	128
Tabela V.4 – Rendimento dos sistemas de iluminação zenital	129
Tabela V.5 - Aberturas para ventilação e sombreamento da aberturas para as zonas bioclimáticas 1,2 e 3	133
Tabela.V.6 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para vedações externas	133
Tabela V.7-Estratégias de Condicionamento Térmico passivo para a Zona Bioclimática 1,2 e 3	133
Tabelas V.8 e V.9 –Valores R_{aa} e R_{da}	136
Tabela V.10 –Valores R_{md}	137
Tabela V.11 - Índice de redução sonora das principais telhas para edificios industriais	140
Tabela V.12 – Índice de redução sonora bruto mínimo	140
Tabela V.13 – Tempos requeridos de resistência ao fogo.	141
Tabela V.14 - Classificação das edificações quanto a sua ocupação.....	142
Tabela V.15 - Resistência ao fogo de alguns elementos construtivos.....	143
Tabela V.16 - Temperaturas de estruturas sem proteção.....	144
Tabela V.17 valores obtidos pelo <i>PER</i> para materiais de construção.....	146
Tabela V.18: Potencial de reciclabilidade.....	146
Tabela V.19– Relação sistema estrutural/vão a vencer.....	148
Tabela V.20 – Possíveis combinações do sistema estrutural e dos telhamentos para a análise com abordagem qualitativa da variável custos.....	150
Tabela IV.21 – Classificação crescente dos custos de limpeza de coberturas industrias.....	151
Tabela V.22 – Classificação crescente dos custos de manutenção das coberturas, pintura da estrutura.....	151
Tabela VI.1 – Descritor do PVE 1.1 - Custos de aquisição	167
Tabela VI.2 – Descritor do PVE 1.2 - Custos de manutenção a curto prazo limpeza.....	167
Tabela VI.3 – Descritor do PVE 1.3 - - Custos de manutenção a longo prazo – pintura da estrutura do telhado.	167
Tabela VI.4 – Descritor do PVE 2.1.1 – Coeficiente de luz diurna; CLD.	167
Tabela VI.5 – Descritor do PVE 2.1.2 – Controle de radiação solar direta.....	168
Tabela VI.6 – Descritor do PVE 2.1.3 – Relação d/h.	168
Tabela VI.7 – Descritor do PVE 2.1.4 – Fator de calor solar.	168
Tabela VI.8 – Descritor do PVE 2.2.1 – Distância entre os elementos verticais.	168
Tabela VI.9 – Descritor do PVE 2.2.2 – Transmitância.	168
Tabela VI.10 – Descritor do PVE 2.2.3 – Controle de ventilação.....	168

Tabela VI.11 – Descritor do PVE 2.2.4 – Atraso térmico.	168
Tabela VI.12 – Descritor do PVE 2.2.5 – Renovação do ar interior.	168
Tabela VI.13 – Descritor do PVE 2.3.1 – Índice de proteção sonora.	169
Tabela VI.14 – Descritor do PVE 3.1 – Proteção contra a chuva.	169
Tabela VI.15 – Descritor do PVE 3.2 – Resistência ao fogo.	169
Tabela VI.16 – Descritor do PVE 4.1 – Distância entre pilares.	169
Tabela VI.17 – Descritor do PVE 5.1 – Energia requerida no processo.	169
Tabela VI.18 – Descritor do PVE 5.2 – Potencial de reciclabilidade.	169
Tabela VI.19 – Graus de intensidade, para a análise da diferença de atratividade entre as possíveis ações, ou sistemas de coberturas disponíveis.	170
Tabela VI.20 – Definição das funções de valor para os descritores do PVE 1.1.	170
Tabela VI.21 – Conversão de escalas – PVE 1.1.	171
Tabela VI.22 - Matriz de ordenação – subcritérios do critério custos.	173
Tabela VI.23 - Matriz de ordenação – subcritérios do critério custos.	173
Tabela VI.24 - Matriz de julgamentos semânticos dos subcritérios do critério custos.	173
Tabela VI.25 - Taxas de Substituição dos subcritérios do critérios custos.	174
Tabela VI.26 - Taxas de Substituição critérios e subcritérios do modelo.	175
Tabela VI.27 – Configurações dos diferentes sistemas de coberturas analisados para a indústria GZT.	177
Tabela VI.28 – Análise da cobertura existente na indústria GZT.	178
Tabela VI.29– Avaliação global de cinco diferentes sistemas de coberturas para a indústria GZT.	182
Tabela VI.30 – Análise do repertório gerado (algumas variáveis) com base na utilização do modelo.	184
Tabelas VI.31 e VI.32 – Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério sustentabilidade.	186

1. O CONTEXTO DA TECNOLOGIA NA DIVERSIDADE DA PROJETUALIDADE DA ARQUITETURA

Revisão e panorama da questão

Carsallade (2001, p.11), como muitos outros teóricos arquitetos, caracteriza a arquitetura como uma área do conhecimento de extrema complexidade, em razão do grande número de aspectos concretos e subjetivos presentes na sua natureza. Nessa complexidade anunciada, Silva (2004, p.01) introduz um novo conceito a ser explorado, o da *projetualidade*, a qual pode ser definida como a síntese das teorias da produção e da excelência arquitetônica, fundindo repertório, ideologia e visão de mundo num enfoque resolutivo. Projetualidade, segundo o autor, é definida ainda como o resultado da posse da bagagem cognitiva, tão ampla e diversificada quanto possível, e da atitude (ideológica e visão-de-mundo), que torna possível a criação arquitetônica. “A projetualidade é o potencial; o projeto é a ação específica. (SILVA, 2004, p.8).”

No contexto da projetualidade da arquitetura em geral, as dimensões relacionadas à função e à forma são tratadas com maior ênfase. Antes de abordar as especificidades vinculadas à dimensão tecnológica e ambiental, é importante apresentar conceitos gerais referentes ao fazer arquitetônico. Mahfuz (1995, p.115) afirma que os aspectos envolvidos no fazer arquitetônico - cultura, tecnologia, economia, estética e função - são analisados e traduzidos em *partes conceituais* e que, dentro do âmbito da projetualidade, o princípio que define o lançamento de uma proposta arquitetônica é caracterizado como *princípio estruturador*, o qual, somado com as referidas partes, define e gera um todo conceitual. O autor define que o princípio estruturador determina a relação entre as partes e a forma da edificação e como essas se relacionam com o seu contexto. Ainda no âmbito das relações entre as partes, Mahfuz (1995, p.115) esclarece que há dois grupos de relações: as funcionais, relacionadas ao lado subjetivo da composição, e as morfológicas, relacionadas ao aspecto formal. Nesse contexto de definições a serem trabalhadas no lançamento de um partido, os aspectos tecnológicos estão também presentes, sendo analisados e traduzidos em *partes conceituais*.

Segundo Pahl (1999, p.07), a arquitetura, atualmente, reage ao contexto do mundo, no qual está ocorrendo uma troca de paradigmas, ou seja, a quebra da modernidade e o início de um novo tempo.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão			A proposta de trabalho		1.1. A cobertura e o edifício industrial	

A variedade de estilos é, na verdade, o resultado da diversidade de discursos de teoria, os quais intensificaram as discussões na arquitetura. Essa variedade de discursos e estilos apontados por Pahl (1999) gerou diferentes valorizações das dimensões presentes na projetualidade da arquitetura atual. Nesse sentido, é importante apresentar os estilos de arquitetura contemporâneos caracterizados por Pahl (1999), conforme Tabela I.1, como também entender que o papel das diferentes dimensões presentes na projetualidade da arquitetura em geral é valorizado e considerado com diferentes intensidades. Pahl (1999) afirma que na atualidade, na diversidade de correntes de arquitetura praticadas, os aspectos vinculados à estética relacionam-se à capacidade dos edifícios de apresentarem a sua beleza interna. Essa capacidade de comunicação está vinculada ao entendimento da mensagem da obra pelo usuário, visto que o arquiteto aposta na capacidade de entendimento dos usuários. Nesse sentido, a “beleza do edifício” está relacionada à possibilidade de comunicação e interação com o usuário. Pode-se definir a estética na atualidade como a “estética da mensagem”.

Tabela I.1 – Estilos de arquitetura na atualidade

Aspectos	High-tech	Neo-funcionalismo	Neo-racionalismo	Simplicidade poética	Arquitetura escultórica	Arquitetura pós-moderna	Arquitetura desconstrutiva	Arquitetura textual	Arquitetura integral
Pretensão	Exemplaridade material	Validade geral do material	Validade historicamente embasada	Exemplaridade emocional	Desvinculação material	Exemplaridade historicamente dirigida	Eventualidade material	Arquitetura como sujeito	Contradições superadas
Apelo	Inovativo	Organizador	Intelectual	Reflexivo	Maciço	Memória	Anti-clássica	A-clássica	Meta-clássica
Referência	Homem-técnica	Função	Ordem clássica	Arquetípica	Livre de referências	Qualquer	Autoreferencial	Autoreferencial	Autoreferencial
Ênfase	Estrutural	Adequação aos fins	Harmonia	Sensibilidade fina	Plástica	Eclética	Des-harmonizante	A-harmônica	Livre de harmonias
Orientação	Técnica	Social	Geométrico-formal	Individual	Individual	Formal	Contraditória	“Inserida”	Indeterminada
Efeito	Positivista	Ordenador	Unívoco	Emocional	Monumental	Relativizador	Fragmentador	Desdobrável	Integrador
Rel. espaço	Configuradora do espaço	Estruturadora do espaço	Espaço-limitante	Perda do espaço	Preenche o espaço	Espaço-neutra	Tensionadora do espaço	Presa ao espaço	Livre do espaço
Rel. tempo	Ligada ao tempo	Temporalmente neutra	Fora do tempo	Aberta ao tempo	Vincula tempos	Engolidora do tempo	Dilatadora do tempo	Presa ao tempo	Livre do tempo
Afeto	Tecnológico	Tipológico	Monológica	Disciplinada	Expressivo	Combinatório	Provocativo	Deslizante	Aberto
Energia formal	Diferenciação construtiva	Elucidação da geometria	Unidade geométrica	Concentração	Camadas de volumes	Compilação	Des-com-posição	(Des-)dobramento	Diferenciação diáfana
Simbolização	Construção	Função	Coerência	Abstração	Concreção	Plurisignificância	Ruptura	Deslocamento	Completa aberta
Desenvolvimentos da Modernidade a partir da metade do século XX									
Primeira Modernidade									

Fonte: Adaptado de Pahl (1999, p.211).

No âmbito da projetualidade, atualmente, os aspectos tecnológicos desempenham dois papéis distintos, os quais serão detalhadamente explicados no capítulo dois deste trabalho. Inicialmente, os aspectos tecnológicos cumprem um papel “funcional”, ou seja, proporcionam que os edifícios otimizem o atendimento aos requisitos ambientais, sustentáveis, estruturais e diferentes aspectos vinculados ao “atendimento à finalidade” da edificação. O segundo papel é o de “representação”, ou seja, a tecnologia está presente também nas edificações como “ícone” de ideais, de visão de mundo. Esse papel pode ser considerado como uma maior valorização da dimensão tecnológica na arquitetura, visto que é caracterizada como um ideal, presente principalmente nas construções *high-tech*.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão			A proposta de trabalho		1.1. A cobertura e o edifício industrial	

Obviamente, os aspectos tecnológicos são importantes na produção e na geração de uma edificação, porém, no âmbito da discussão da projetualidade, com certeza, não são os mais importantes a serem analisados e definidos. Só o cumprimento das necessidades funcionais e emprego das adequadas tecnologias não caracterizam a arquitetura; é necessário que a forma simbolize algo, que haja uma comunicação edifício-usuários, ou seja, é necessário que a obra extrapole a fronteira da resolução programática. Pahl (1999, p.315) afirma que, quando uma construção possibilita o reconhecimento da sua verdade, quando gera uma idéia própria, um conteúdo natural, o qual pode ser decodificado e identificado como um possível pedaço da verdade interna do nosso mundo e sentimento de vida, torna-se por essa verdade reconhecível e, com isso, faz perceber seu “brilho”, conseqüentemente, a sua “beleza”.

Oliveira (2003, p.01) afirma que os atributos do objeto arquitetônico não estão no desenvolvimento e na aplicação de processos construtivos engenhosos, nem sempre necessários para que o espaço construído se qualifique como artefato arquitetônico.

Venturi (1995, p.48) define que o arquiteto é responsável *pele como e pelo o quê* no edifício é projetado, mas o papel inovador está, primordialmente, em o quê sua experimentação está limitada mais a sua organização do todo, que a técnica nas partes. “O arquiteto seleciona tanto quanto cria.” Os aspectos vinculados às novas aspirações estéticas do pós-moderno de Venturi não são relevantes nessa discussão inicial, mas, sim, a valorização da dimensão simbólica da arquitetura.

Conforme já caracterizado, uma das dimensões já identificadas da projetualidade é a tecnológica, cuja importância, segundo Waissman (1972, p.24), não é *utopia*. Teixeira (1993, p.8) ressalta que, atualmente, a dimensão tecnológica não é valorizada na prática dos arquitetos, o que se deve a razões de formação e históricas. Já Martinez (2000, p.162) relata que, na produção arquitetônica do último século, houve uma perda do repertório dos arquitetos, quanto aos elementos de arquitetura, o que identifica indiretamente uma perda do domínio dos aspectos construtivos presentes no âmbito da projetualidade. As colocações até aqui expostas quanto à necessidade da valorização da dimensão tecnológica demonstram a necessidade de aprofundamento do entendimento do papel desses aspectos. Cabe aqui perguntar: como analisar o papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura em geral?

Martinez (2000, p.131) identifica e analisa os avanços tecnológicos através da observação dos elementos de arquitetura, estabelecendo, portanto, uma relação entre a parte física do edifício e os aspectos tecnológicos na arquitetura. O estudo e sistematização desses elementos são conhecidos desde longa data. Durand, no início do século XIX, quando da publicação do seu livro *Précis des leçons d'architecture* (1819), já sistematizou a escolha de elementos de arquitetura, configurando o primeiro método na história de otimização da construção de uma edificação.

Os aspectos mencionados até aqui apresentam duas importantes idéias a serem exploradas na conclusão deste primeiro capítulo. Primeiramente, esses conceitos apresentam a diversidade das tendências na atualidade, caracterizando diferentes visões de arquitetura, e muitas vezes, distintas pesos das dimensões presentes na projetualidade. O segundo importante aspecto é a

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão			A proposta de trabalho		1.1. A cobertura e o edifício industrial	

necessidade do resgate da discussão sobre a importância da dimensão tecnológica no âmbito da arquitetura, reforçando, mais uma vez, que esses aspectos não são os mais importantes nas discussões na atualidade, mas devem ser trabalhados de forma a serem mais bem inseridos no contexto da projetualidade. E o caminho para essa análise pode ser realizado através da avaliação dos avanços dos elementos de arquitetura.

A proposta de trabalho

Silva (2004, p.8) afirma que a projetualidade está para a língua assim como o projeto está para a fala, aludindo à definição da primeira como sendo o potencial e ao segundo, como a ação. Nesse contexto, pode ser traçada a seguinte analogia com relação ao domínio da técnica por parte do arquiteto e as suas conseqüências no âmbito da arquitetura: a projetualidade está para a língua assim como os aspectos tecnológicos estão para alguns fonemas e sons. Sozinhos esses aspectos não geram “arquitetura”, mas fazem parte sempre do artefato arquitetônico, possibilitando o “bom funcionamento” do objeto construído, que é concebido com base em conceitos qualitativos e quantitativos.

A arquitetura caracteriza-se hoje pela diversidade de estilos, de formas de expressar o ambiente construído, de dimensões a serem tratadas, de perguntas a serem respondidas, de conhecimentos a serem gerados. Nesse contexto, complexo por natureza, é importante o estudo das diferentes dimensões que caracterizam a projetualidade em geral, gerando um maior repertório para facilitar o ensino e a prática do arquiteto.

Dentro da natureza complexa da arquitetura, a valorização da dimensão tecnológica no ensino e na prática profissional é uma atividade de complicada resolução. Na área acadêmica, o entendimento e fixação do conceito da projetualidade no âmbito das universidades brasileiras é a primeira ação concreta a ser levada a cabo. Silva (2004, p.08) aborda os aspectos referentes à complexidade do ensino de arquitetura de forma muito precisa ao afirmar que a projetualidade é o “cimento” que une todos elementos significativos no ensino do projeto arquitetônico, os quais, originalmente, podem apresentar configurações que sugerem desconexão. Esse apontamento é extremamente pertinente visto que um dos problemas de valorização dos aspectos tecnológicos na produção arquitetônica tem a sua raiz no âmbito acadêmico. O autor afirma também que é necessário entender que, “se o ensino de projeto arquitetônico pode parecer um território privativo dos docentes das disciplinas específicas, o ensino da projetualidade é de competência e responsabilidade de todo o corpo docente da instituição, pois a projetualidade visa à resolução dos problemas encontrados pelos arquitetos.” Silva (2004, p.6) afirma também que com o entendimento da natureza complexa da arquitetura por parte dos docentes torna-se possível alcançar a necessária integração. Obviamente, os problemas da valorização da dimensão tecnológica no âmbito da projetualidade são decorrência também de alguns outros aspectos, com menor intensidade do que o mencionado, porém consideráveis. A

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão			A proposta de trabalho		1.1. A cobertura e o edifício industrial	

situação econômica do país e a falta de investimentos e parcerias do setor privado com as universidades são também importantes, visto que, naturalmente, o maior investimento nesse campo traria maior valorização da referida dimensão e, conseqüentemente, maior qualidade ao trabalho dos arquitetos. Jantzen (2000, p.18) aponta a influência do neoliberalismo nas condições socioculturais, determinando uma mudança da mentalidade das universidades, ou seja, evidenciando essa realidade de inter-relação da configuração econômico-social com a prática de ensino. Não é uma tarefa comum serem encontrados nos cursos de arquitetura e urbanismo laboratórios da área tecnológica bem aparelhados. Essa constatação caracteriza também o problema da necessidade de reforçar a abordada dimensão no âmbito da projetualidade.

Ainda no âmbito acadêmico, e contribuindo também para a prática profissional, o estudo da metodização do projeto arquitetônico através de algoritmos de apoio à decisão é uma possibilidade que já foi estudada por Christopher Alexander na década de 1960. Silva (2004, p.06) afirma que no final da década de 1960 foram difundidos alguns estudos com o objetivo de metodização do projeto arquitetônico através do emprego e mecanismo para a criação arquitetônica, contudo, foram abandonados já década de 1970. Modelos ou algoritmos não podem resolver os entraves e encontros presentes numa decisão arquitetônica por vários motivos. Silva (2004, p.06) relata que as necessidades, as expectativas e aspirações que constituem o programa de uma edificação não têm o mesmo peso. Ainda para o autor outro importante aspecto é o fato de os diferentes códigos de expressão do programa (textualmente) e materialização da solução (imageticamente). Pahl (1999, p.315) reforça a impossibilidade da geração de algoritmos para a definição de decisões arquitetônicas a partir da afirmação de que *a beleza não é absoluta*.

Nesse sentido, a utilização de algoritmos em ferramentas de apoio à decisão não é adequada para ajudar o arquiteto a decidir durante a realização de um projeto arquitetônico. É importante salientar que, dentro das diferentes dimensões presentes na arquitetura, são encontrados inúmeros aspectos de “natureza concreta” que se referem à possibilidade de mensuração, ou seja, muitos aspectos de natureza quantitativa. Dentre as dimensões presentes na projetualidade, aspectos referentes ao desempenho térmico, lumínico, acústico e custos, entre outros, podem ser mensurados, o que significa que é possível determinar as quantidades de luz, som e ar necessárias num ambiente, ou, por exemplo, determinar o quão segura é uma possível solução do ponto de vista de proteção contra incêndio numa edificação qualquer. Considerando a possibilidade de dimensionar determinados aspectos presentes na projetualidade, a construção de um modelo de apoio ao arquiteto pode funcionar como uma ferramenta de geração de conhecimento e, conseqüentemente, de aumento de repertório, através da valorização das diferentes possibilidades quanto aos elementos de arquitetura, considerando os aspectos concretos, dimensionáveis, conforme já mencionado.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão			A proposta de trabalho		1.1. A cobertura e o edifício industrial	

A proposta de trabalho procura responder à seguinte problemática: no âmbito da dimensão tecnológica na projetualidade em geral, podem os modelos de apoio à decisão ajudar os arquitetos durante a escolha de elementos de arquitetura? Para responder a essa pergunta, a proposta considera a seguinte hipótese de trabalho: a partir da possibilidade de mensurar aspectos construtivos, ambientais e referentes a custos, é possível utilizar as informações geradas num modelo de apoio à decisão como ferramenta de geração de conhecimento, o qual pode apoiar o arquiteto, no que tange aos referidos aspectos. É importante salientar que essa possibilidade refere-se apenas aos aspectos construtivos, econômicos e ambientais, não sendo, portanto, uma ferramenta de decisão arquitetônica, mas de apoio a ela.

A proposta de estudo apresenta dois objetivos gerais e seis específicos. Os objetivos gerais são:

- Entender o papel da tecnologia na projetualidade em geral na atualidade;
- Verificar a possibilidade do uso de modelos de apoio à decisão no âmbito da dimensão tecnológico-ambiental na projetualidade em geral.

Os objetivos específicos são os seguintes:

- Entender a relação entre a tecnologia, as coberturas e o edifício industrial, com base numa verificação histórica dos últimos duzentos anos da arquitetura;
- Definir os critérios de análise de elementos de arquitetura conforme a norma ISO DP 6241, a qual, atualmente, é referência normativa para a análise de elementos arquitetônicos;
- Definir um modelo de apoio à escolha de coberturas industriais, restrito aos aspectos construtivos, ambientais e econômicos, a título de aplicabilidade da proposta;
- Identificar os pesos das variáveis que caracterizam o desempenho da cobertura;
- Estabelecer critérios de avaliação para os pesos das variáveis;
- Analisar a viabilidade e contribuição da aplicação de um modelo de apoio à projetualidade da arquitetura em geral, por meio de um estudo de caso.

No item 1.1 é apresentada a justificativa da escolha do elemento de arquitetura cobertura industrial. Nesse item são respondidas as seguintes perguntas: Por que *coberturas*? Por que *edifício industrial*?

A proposta de estudo apresenta diferentes graus de relevância, divididos no âmbito da arquitetura em geral, no da industrial e no das coberturas. No âmbito da arquitetura, com os conhecimentos gerados no trabalho é possível a obtenção de conclusões iniciais sobre a viabilidade da utilização de ferramentas de apoio ao arquiteto no que tange às dimensões tecnológico-ambiental, como mecanismos que atuam como geradores de repertório. Ainda no do âmbito da arquitetura, é possível entender melhor a relação tecnologia *versus* método do

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão			A proposta de trabalho		1.1. A cobertura e o edifício industrial	

projeto arquitetônico nos últimos duzentos anos. Como a tecnologia interferiu no método e como este interferiu nesse aspecto são também interessantes contribuições no âmbito da projetualidade em geral.

Com relação à arquitetura industrial, a contribuição do presente trabalho está na possibilidade de definição das características técnico-ambientais mínimas recomendadas que devem estar presentes no ambiente. Geralmente, as bibliografias específicas sobre a dimensão ambiental tratam a temática de maneira fragmentada. A abordagem geral possibilita a reunião de todas as informações referentes às características mínimas recomendáveis do ambiente de trabalho. Um segundo aspecto tratado no trabalho é a discussão sobre a influência da *projetualidade* dos edifícios industriais no âmbito da *projetualidade* em geral. Do ponto de vista técnico-ambiental, o primeiro aspecto é mais importante como contribuição. Considerando o âmbito geral da projetualidade, o segundo nicho de informações traz maiores contribuições para a teoria da arquitetura.

No âmbito das coberturas, a relevância do trabalho concentra-se no levantamento histórico da importância desse elemento de arquitetura ao longo das transformações no transcorrer dos tempos. De que maneira as coberturas participaram das transformações e que papéis interpretaram são importantes informações presentes na tese. Um segundo relevante aspecto das coberturas é o repertório técnico gerado pela análise das mais importantes considerações da dimensão técnico-ambiental de diferentes sistemas de fechamentos horizontais.

O método utilizado para o presente trabalho é o da pesquisa aplicada, que se define por seu interesse prático, buscando gerar conhecimentos dirigidos à solução de problemas específicos, que envolvem verdades e interesses locais. (Lakatos, Marconi, 1999; Silva, Menezes, 2000). No que diz respeito à forma de abordagem do problema, a pesquisa é trabalhada segundo dois enfoques: o qualitativo e o quantitativo. As variáveis relacionadas ao lado subjetivo da arquitetura são abordadas de forma qualitativa; já as relacionadas ao conforto térmico, lumínico, acústico e propriedades das coberturas são abordadas sob o enfoque quantitativo.

Quanto aos objetivos, o estudo pode ser classificado como exploratório-descritivo. Exploratório porque, a fim de responder às perguntas norteadoras da pesquisa, faz-se necessário levantar todos os dados sobre o objeto do estudo, o contexto, as dimensões e variáveis envolvidas. Nesta pesquisa, a necessidade do aprofundamento do entendimento histórico e atual do papel da tecnologia na projetualidade em geral, a criação e análise da viabilidade da utilização de modelos de apoio à decisão, no âmbito da dimensão tecnológica e ambiental, na escolha de elementos de arquitetura, encaminham o estudo para uma pesquisa exploratória. Entretanto, por ser uma pesquisa aplicada, não basta explicitar o problema; é também preciso propor soluções, testá-las e descrevê-las.

Neste estudo optou-se pela utilização de uma pesquisa bibliográfica e documental. Para cada etapa adotaram-se os procedimentos específicos, como descrito a seguir:

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão			A proposta de trabalho		1.1. A cobertura e o edifício industrial	

- Revisão de literatura;
- Desenvolvimento de um modelo de apoio à tomada de decisão no âmbito da dimensão tecnológico-ambiental no projeto das coberturas industriais;
- Estudo de caso, no qual se verificou a viabilidade da utilização de modelos de apoio à decisão, como ferramentas geradoras de repertório no âmbito da dimensão tecnológica e ambiental.

Para cumprir os objetivos determinados de tomar posição sobre o papel da tecnologia no projeto arquitetônico, o trabalho está dividido em sete capítulos. No capítulo 1 é apresentada a problemática da necessidade da valorização dos aspectos tecnológicos no âmbito da projetualidade da arquitetura em geral. Nesse contexto, inicialmente é apresentada a diversidade da arquitetura. A partir dessa definição é destacada a tecnologia como uma das dimensões presentes na natureza complexa da arquitetura, enfatizando-se que não é responsável pela diferenciação de um prédio com significado de outro com *arquitetura banal* (Mahfuz, 1995, p.32), contudo, ainda sim é importante. Ainda nesse capítulo são apresentadas a proposta de trabalho, a relevância da tese, como também a justificativa, na qual são descritos os motivos que levaram à escolha de coberturas de edifícios industriais, como o elemento de arquitetura a ser utilizado no desenvolvimento do modelo de apoio.

No capítulo 2 procura-se entender o papel da tecnologia na projetualidade em geral, por meio de uma breve análise histórica da arquitetura nos últimos duzentos anos. O estudo dos edifícios industriais na atualidade permitiu a classificação das diferentes intensidades da presença da dimensão tecnológica. Essa classificação permite entender, dentro da diversidade de correntes na atualidade, as ênfases dadas aos diferentes estilos no que tange à presença dos aspectos tecnológicos.

No capítulo 3 verifica-se a contribuição dos edifícios industriais como também das coberturas de edificações de grandes vãos para a projetualidade da arquitetura em geral nos últimos dois séculos. De que maneira se relacionaram o edifício industrial, a cobertura e a tecnologia nesse período? Essa é a pergunta a ser respondida no capítulo.

No capítulo 4 é apresentado o contexto da decisão de projeto arquitetônico, objetivando, inicialmente, compreender os princípios estruturadores presentes numa proposta arquitetônica com significado, ou seja, que se diferencie de um *projeto banal*, utilizando para isso as classificações e definições de Mahfuz (1996). Num segundo momento, as dimensões tecnológica e ambiental são situadas no processo, dando-se ênfase à escolha dos elementos de arquitetura, utilizando para isso a relação estabelecida por Martinez (2000) entre a dimensão tecnológica e as escolhas dos referidos elementos. O objetivo do capítulo é refletir sobre a possibilidade de métodos de apoio à decisão auxiliarem o arquiteto durante a fase de desenvolvimento do projeto, reforçando a impossibilidade do todo quantificável, ou seja, sedimentando o conceito de que os aspectos vinculados ao encontro usuário-obra não podem

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão			A proposta de trabalho		1.1. A cobertura e o edifício industrial	

ser dimensionados, em virtude da complexidade dos aspectos qualitativos presentes nesse encontro. No capítulo procura-se também entender os diferentes papéis da tecnologia presente na projetualidade da arquitetura em geral, segundo diferentes autores.

No capítulo 5 são caracterizadas as variáveis a serem analisadas para a confecção de um modelo de apoio à decisão, restrito aos aspectos referentes à dimensão técnico-ambiental. As variáveis são obtidas da norma ISO DP 6241, utilizada na área de avaliação de elementos de arquitetura como referência básica para a definição de variáveis e critérios de análise. As variáveis analisadas foram divididas em quatro grupos de abordagem: variáveis de avaliação construtivas, ambientais, funcionais e referentes a custos.

Nesse capítulo está presente também o item 5.5, intitulado “Requisitos que a cobertura deve satisfazer no edifício e na leitura visual”. Conforme já caracterizado no início do trabalho, o objetivo da ferramenta criada e analisada é apoiar o arquiteto no que tange aos aspectos quantitativos presentes na projetualidade das coberturas industriais. Aspectos qualitativos não estão presentes na alçada da ferramenta originada, contudo, mesmo que não sejam considerados no modelo, é importante a apresentação dos indicadores de desempenho da cobertura enquanto elemento de composição, ou seja, são apresentados importantes conceitos de cunho qualitativo a serem considerados pelo arquiteto durante o projeto de uma cobertura industrial.

No capítulo 6 a ferramenta de apoio à decisão é criada, pela utilização de um método pertencente à área da Engenharia de Produção, chamado MCDA (*Multi Criterion Decision Aided*), indicado para a geração de modelos de decisão para situações complexas com um grande número de variáveis envolvidas. Além da criação da ferramenta, é desenvolvido um estudo de caso no qual é simulada a análise do apoio à escolha de uma cobertura para uma indústria situada em Passo Fundo, RS, considerando apenas os aspectos técnico-ambientais. São apresentados, ainda, testes e verificações para a análise da confiabilidade da ferramenta gerada, a fim de verificar se os pesos das variáveis são adequados. Por último, é feita uma crítica dos resultados obtidos.

No capítulo 7 estão descritos os limites, recomendações e conclusões da presente tese, que objetiva identificar as potencialidades e problemas da utilização de modelos de apoio à escolha de elementos de arquitetura restritos às dimensões técnico-ambientais, como também destacar as contribuições históricas e teóricas do presente trabalho. Conforme já caracterizado no item 1.1, “Justificativa”, são apresentados a seguir os motivos que levaram à escolha da cobertura industrial como elemento de análise para a construção e verificação da viabilidade do uso de modelo de apoio à decisão para o arquiteto no âmbito dos aspectos técnico-ambientais.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão			A proposta de trabalho		1.1. A cobertura e o edifício industrial	

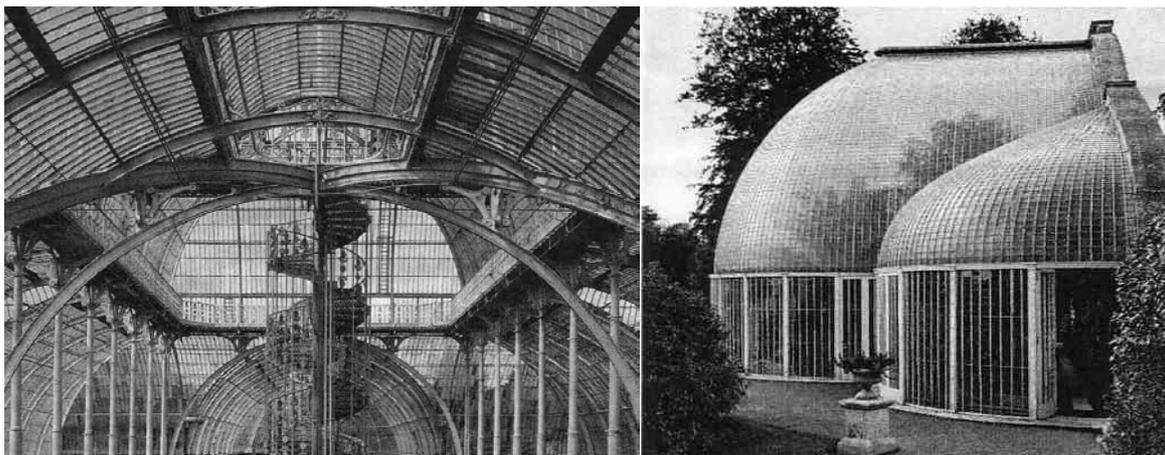
1.1. A cobertura e o edifício industrial

A escolha das coberturas industriais está vinculada, basicamente, a questões funcional-práticas e simbólicas presentes em qualquer projeto de arquitetura. Do ponto de vista funcional, a escolha da cobertura está extremamente vinculada à importância desse elemento de arquitetura nas características da ambiência interior dos espaços servidos por grandes vãos. A cobertura é uma pele reguladora do desempenho ambiental de espaços interiores em decorrência das suas características de controle de fluxo de ar, radiação solar e umidade. Além disso, é o plano que recebe a maior quantidade de radiação solar, o que torna sua participação importante no contexto geral da edificação.

Do ponto de vista perceptivo, o contato temporal-espacial de um indivíduo presente no espaço interior com o mundo exterior é importante para o seu bem-estar, e a cobertura cumpre essa função através dos sistemas de iluminação zenital. Além da presença de aberturas no plano horizontal, a própria forma da cobertura é importante no sentido de contribuir ativamente na forma do espaço interior.

No que diz respeito à escolha de coberturas industriais, do ponto de vista simbólico, esses elementos de arquitetura foram responsáveis também pelo *eclétismo tecnicista* da segunda metade do século XIX. Nesse período, os avanços tecnológicos alcançados, principalmente com as estruturas de ferro para grandes vãos, geraram uma arquitetura de coberturas rica formalmente, presente em estufas, em estações de trem e pavilhões de exposições, entre outras tipologias, as quais eram consideradas como arquitetura dos engenheiros, não estando de acordo com a produção daquele momento, ou arquitetura de estilos. Apesar da riqueza formal, essas edificações (Figura 1.1) foram renegadas pela produção daquele momento. Com relação à escolha dos edifícios industriais, do ponto de vista funcional, no que tange à ambiência interna dos espaços utilizáveis, esses têm uma dependência direta do desempenho das coberturas, como todas as edificações com grande plano horizontal. Em decorrência das características das áreas de produção dos edifícios industriais, espaços esses com requisitos ambientais variados, oscilando desde um controle total das variáveis climáticas, realizada de modo artificial, até uma adequação natural ao contexto exterior, através de aberturas nos planos vertical e horizontal, a análise das coberturas dos prédios contribui com o estudo de todos os tipos de elementos de fechamento horizontal de grandes vãos presentes em outras edificações.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão			A proposta de trabalho		1.1. A cobertura e o edifício industrial	



Fonte: Lippert (2004, p.44)

Figura 1.1 – Jardins botânicos em Londres (W & D Baile e Paxton).

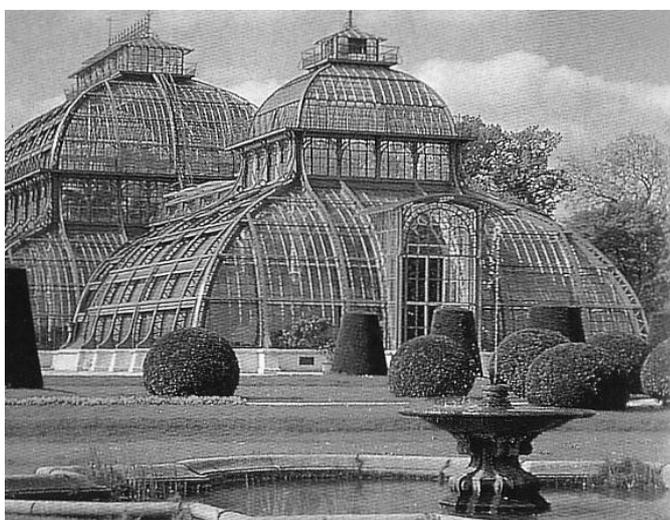


Figura 1.2 – Jardim botânico em Viena (F.Segenschmid, 1882).

As exigências programáticas das tipologias industriais possibilitam a análise de variadas soluções no que diz respeito à interação arquitetura e clima, caracterizando, portanto, uma adaptação do estudo de outros usos menos rigorosa quando do apoio à escolha desse elemento de arquitetura. Com relação à escolha dos edifícios industriais, do ponto de vista simbólico, representaram de forma particular as aspirações de uma sociedade que buscava o desenvolvimento tecnológico no início século XX. Exemplos disso são os projetos expressionistas da *Deutscher Werkbund* e do Futurismo italiano, como também do Construtivismo russo, nos quais a dimensão tecnológica é elegida o princípio básico da formação da *linguagem arquitetônica* proposta. Considerando a proposta de uma maior valorização do aspecto tecnológico na produção da arquitetura atual, o edifício industrial representa adequadamente tal escolha, visto que sempre incorporou rapidamente as conquistas tecnológicas presentes na arquitetura, mesmo no século XVIII, início da Revolução Industrial.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão			A proposta de trabalho		1.1. A cobertura e o edifício industrial	

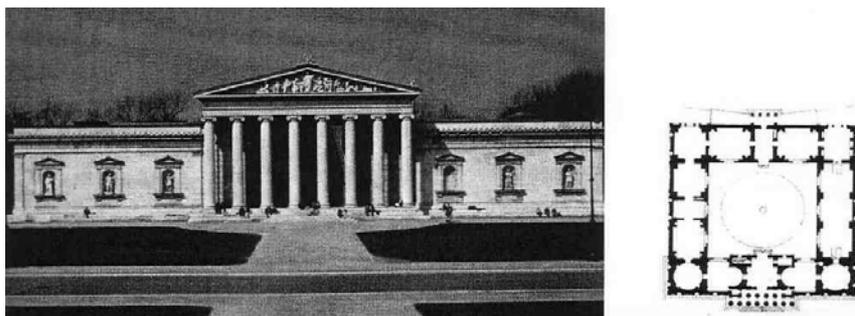
2. BREVE HISTÓRICO DO USO DA TECNOLOGIA NA ARQUITETURA NOS ÚLTIMOS DUZENTOS ANOS

Revisão e panorama da questão

Martinez (2000, p.131) relata que a evolução técnica do século XVIII pode ser evidenciada pela progressiva incorporação de mais e mais partes de edifícios como novos elementos de arquitetura à projetualidade em geral. Esse repertório foi sendo ampliado, segundo Martinez (2000, p.130), até que todas as partes da construção fossem abrangidas como elementos de arquitetura – tal como no texto de Durand, no início do século XIX. De fato, entender a evolução tecnológica na arquitetura com base na análise dos elementos de arquitetura é uma possibilidade que parece viável, contudo, uma análise isolada pode conduzir a um caminho menos eficaz. É importante o entendimento da evolução dos elementos de arquitetura no âmbito da dimensão tecnológica, como também da evolução do método de projeto e da relação entre ambos os temas. No início do século XIX, o livro de Durand *Précis des leçons d'architecture* (1819) revolucionou a arquitetura por ser a primeira publicação a tratar do tema método do projeto arquitetônico, disponibilizando também um catálogo de elementos de arquitetura a serem utilizados nos projetos dos arquitetos envolvidos com a produção arquitetônica no período. É importante salientar que Durand considerava elementos de arquitetura todas as partes do invólucro construído. Independentemente da maneira como eram arranjados nas fachadas dos edifícios classicistas do século XIX, é importante ressaltar o seu comprometimento com a *Arquitetura dos Estilos*, configurando, assim, o primeiro grupo de elementos de arquitetura. Essa classificação é caracterizada a seguir com base na definição do segundo grupo de elementos de arquitetura do século XIX. A Figura 2.1 é um exemplo típico da arquitetura classicista do período. Lippert (2004, p.44) registra que os engenheiros da segunda metade do século XIX gravavam projetos de coberturas leves, com formas arrojadas, a ponto de os arquitetos tradicionais, como o alemão Schinkel, por exemplo, afirmarem que o edifício deveria ter uma base sólida, em pedra, mantendo as técnicas construtivas daquele momento. Na Figura 2.2 é apresentado o projeto do teatro pátio de Schinkel, em Dresden, Alemanha.

Na segunda metade do século XIX, uma estética gerada a partir da exposição direta das novas conquistas tecnológicas nas obras de arquitetura, principalmente de engenheiros, gerou um movimento paralelo à arquitetura de estilos, o qual, contudo, não foi aceito naquele momento da história como arquitetura.

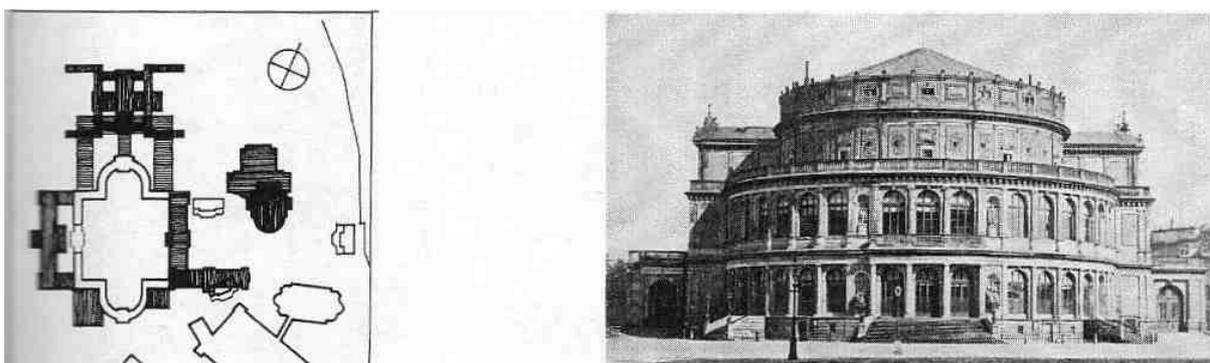
1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura	2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças	2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica		



Fonte: Lippert (2000, p.30)

Figura 2.1- Glyptothek em Munique.

Na verdade, desde a cisão da Escola de Belas Artes e da Politécnica em Paris, houve uma negação das obras desenvolvidas por engenheiros como obras de arquitetura. Entretanto, nesse período, os avanços tecnológicos alcançados pelos engenheiros foram importantes para a posterior produção da arquitetura, tanto no final do mesmo século como também no seguinte. Martinez (2000, p.23) relata que no Academicismo praticado pela Escola de Belas Artes não existia o ensino da construção ou estava atrasado, enquanto na realidade prática estava sendo desenvolvida a arquitetura do ferro.



Fonte: Lippert (2000, p.43)

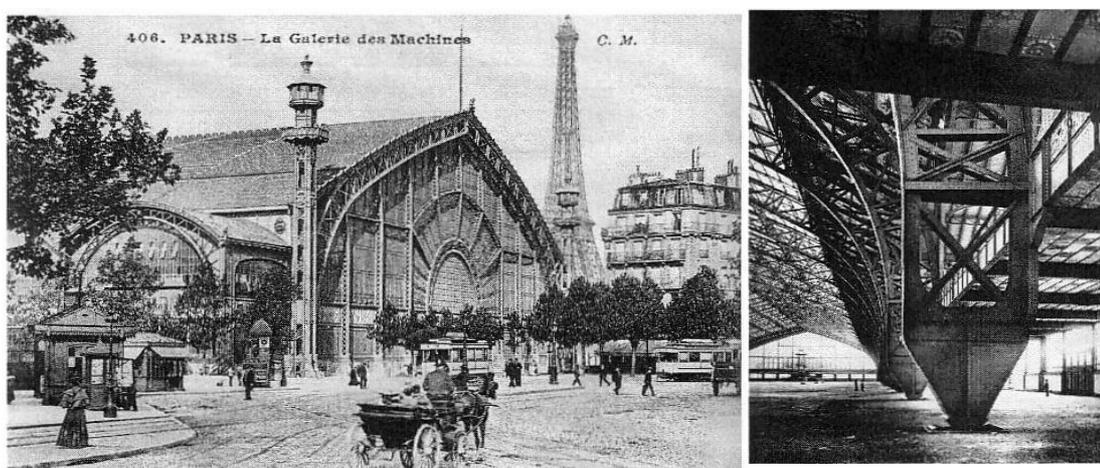
Figura 2.2 – Hofftheater, Teatro Pátio em Dresden, Alemanha.

Para Busse (2000, p.13), o academicismo é definido por uma arquitetura de imitação, ao passo que a tecnologia das obras dos engenheiros caracteriza a *arquitetura criativa* do século XIX.

Nesse período ocorreu uma antecipação da maneira como os elementos de arquitetura seriam utilizados posteriormente no século XX, no sentido de mostrar como o edifício é sustentado e montado. Os elementos de arquitetura eram apresentados como troféus obtidos através das novas conquistas, conforme a Figura 2.3 - Pavilhão de Máquinas da exposição mundial de 1889, projeto do engenheiro Victor Contamin e do arquiteto Charles-Louis-Ferdinand Dutert. A estrutura do prédio é mostrada intencionalmente, procurando caracterizar os avanços tecnológicos obtidos. Nesse período, prédios como estufas, estações de trens e edifícios industriais incorporaram o desenvolvimento tecnológico do vidro e do ferro. Segundo Lippert (2004, p.04), havia uma discussão sobre o estilo a adotar, chegando-se a declarar na

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura		2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças		2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica

Alemanha e na Inglaterra o neogótico como estilo nacional. No âmbito da mesma questão, Martinez (2000, p.131) afirma que nesse período recaiu sobre o arquiteto a condenação dos historiadores e dos críticos, que reclamavam da sua incapacidade de criar um estilo da época. Nesse período, até 1870, o século XIX era caracterizado por uma arquitetura presa aos estilos, que conjuntamente com o método acadêmico, no qual os elementos de arquitetura eram escolhidos através de um processo *recortar/colar*, desempenhou um efeito de “catalisador de efeito oposto” no âmbito da incorporação de avanços dos novos elementos de arquitetura na produção vigente, ou seja, o *recortar/colar* não colaborou com o desenvolvimento de materiais e técnicas construtivas.



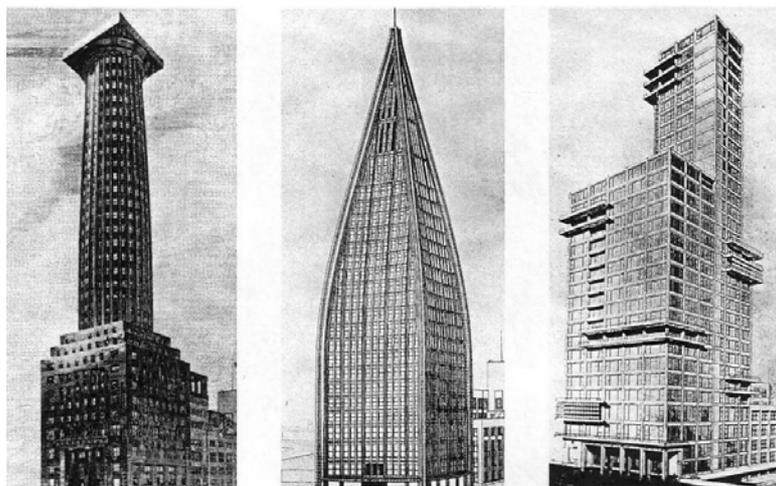
Fonte: Lippert (2000, p.21)

Figura 2.3- Pavilhão de Máquinas da exposição mundial de 1889, Paris.

Na década de 1870, nos Estados Unidos, essa postura enraizada na manutenção dos padrões tradicionais da produção arquitetônica incorporou as inovações tecnológicas e ainda manteve o espírito clássico vivo. Após o incêndio de 1870, os edifícios em Chicago passaram a ter novas exigências quanto à prevenção contra incêndios; então, as estruturas de aço foram incorporadas aos edifícios, agora revestidas com mantas para proteção. Nesse período, também o elevador foi inventado, condição que permitiu o projeto e a construção de edifícios em altura. Os edifícios em altura chegaram com a incorporação dos avanços tecnológicos da sociedade e com os novos princípios de composição. Lippert (2004, p.64) relata que, nesse período, a inovação compositiva residia nos novos conceitos do arquiteto Louis H. Sullivan, que dividiu o edifício em altura em três partes: a base, o corpo e o coroamento.

Mais tarde, a altura dos edifícios foi conquistada realmente em Nova York, mostrando ao mundo, e principalmente à Europa, que a tecnologia era uma dimensão importante na projetualidade a ser considerada. Segundo Lippert (2004, p.77), nesse momento da história, entre 1896 e 1899, a silhueta da cidade foi modificada através dos primeiros arranha-céus.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura	2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças	2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica		



Fonte: Lippert (2000, p.75)

Figura 2.4- Concurso “Torre da Tribuna de Chicago”, projetos de Adoolf Loos, Bruno Taut e Walter Gropius, 1922.

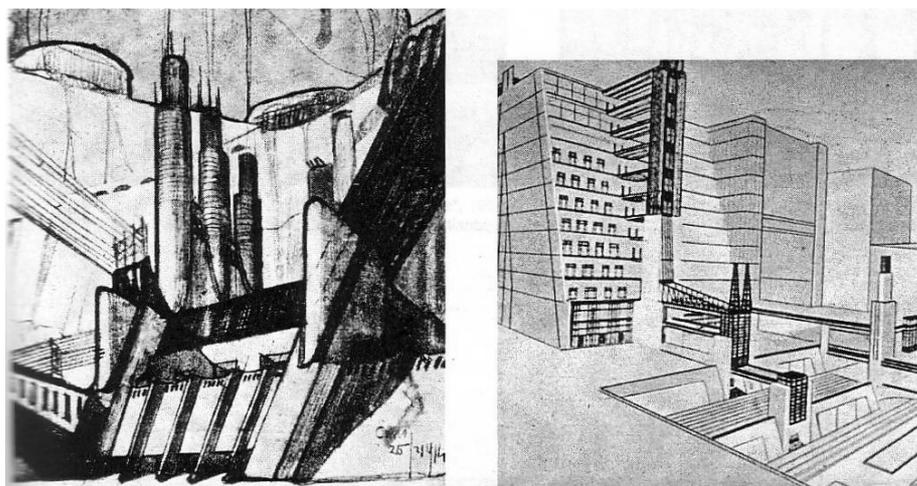
A influência americana sobre os arquitetos europeus ocorreu a partir de visitas dos profissionais do Velho Mundo a mestres como Wright, ou ao próprio Sullivan. Além dessas relatadas por Banham (2003) e Lippert (2004), houve a publicação dos trabalhos de Frank Lloyd Wright em Berlin, em alemão, na primeira década do século XX. Nesse contexto das novas aspirações de parte dos arquitetos europeus e da sociedade em geral, no sentido de uma maior abertura para as novas tecnologias, apareceu ainda, como um dos últimos respiros da parte mais conservadora dos arquitetos europeus, a tentativa de resolver os problemas da sociedade através da arte e da imitação da natureza, por meio do *Art Nouveau*. De certa forma, esse novo estilo ia contra os ideais de uma nova sociedade tecnificada, pois estava muito ligado à forma artesanal, em decorrência dos ricos detalhes presentes nas construções. Pevsner (2001, p.147) caracteriza como motivo da passagem do *Art Nouveau* para o moderno os problemas dos custos envolvidos com a forte dimensão artesanal presente no movimento.

Banham (2003, p.159) relata que, no início do século XX, as aspirações da sociedade no sentido de incorporar as novas tecnologias, conforme já caracterizado, cresciam. Surgiram, então, movimentos como o Futurismo italiano, a *Werkbund* e, mais tarde, a *Bauhaus*. O futurismo italiano teve como figura central o arquiteto Sant’Elia, que publicou em 1914 o *Messagio*, obra na qual a tecnologia desempenha um papel central nas transformações requeridas na nova arquitetura proposta.

No seu projeto “La città nuova”, de 1914, Sant’Elia materializou suas convicções futuristas, caracterizadas pela monumentalidade de edifícios industriais e de infra-estrutura urbana, (Figura 2.5). Na verdade, o Futurismo italiano é um movimento declaradamente contra o Academicismo. Na cidade do futuro em direção ao construtivismo existiu um espírito de fascinação pelas máquinas, pela fantasia, grandes estruturas, grandes máquinas de morar. Segundo Lippert (2004, p.123), a partir dessa nova visão de sociedade tecnificada do futurismo de Antônio Sant’Elia, a valorização da máquina gerou a visão de uma nova *estética*

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura		2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças		2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica

tecnológica, que perdurou em parte do século XX. Basicamente, essa nova visão estética manifestou-se de três formas: através de metáforas de máquinas (locomotivas, aviões e navios), do uso da luz artificial como elemento de materialização do espaço e de fachadas comerciais e por intermédio da apresentação de elementos de arquitetura de maior grau de desenvolvimento, como elevadores e estruturas, por exemplo.



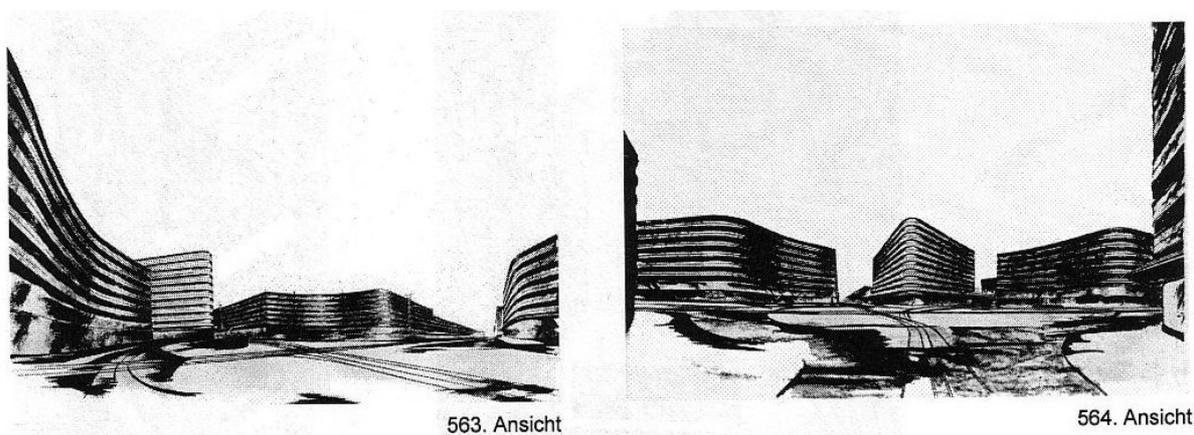
Fonte: Lippert (2000, p.124)

Figura 2.5- La città nuova - Projeto de Sant'Elia em 1914.

Dentro da primeira forma de manifestação da estética tecnicista do movimento futurista está a valorização da máquina. Segundo esse princípio, deveria haver a *adaptação da arquitetura* aos velozes automóveis, através da utilização das curvas enquanto complementação das ruas, conforme Figura 2.6, na qual está presente uma proposta para o concurso da zona *Alexanderplatz*, de 1929, em Berlim, projeto intitulado *Geschwindigkeit*, “velocidade”, de Wassil e Hans Luckhardt. Nesse projeto, a forma curva das fachadas é fruto da metáfora da velocidade dos automóveis que transitam nas ruas, caracterizando uma estética da tecnologia. A segunda forma de apresentação dessa nova estética gerada a partir da valorização da tecnologia é a metáfora direta com navios, aviões e locomotivas. O arquiteto russo Jakob Tschernikov projetou em 1930 uma fábrica inspirado na forma de uma locomotiva. Na Itália, em Cottolica, uma Colônia de Férias projetada por Michele Busiri-Vici em 1933 também tem a forma de uma locomotiva.

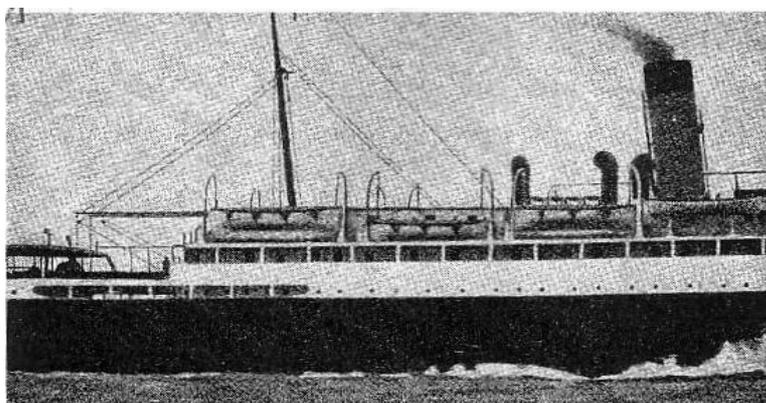
O próprio Le Corbusier escreveu em 1922 no seu livro *Vers une architecture* sobre a estética das máquinas, referindo-se diretamente aos princípios compositivos presentes na arquitetura de navios. A Figura 2.7 apresenta uma das fotografias da referida análise estética. Montaner (2000, p.52) caracteriza a publicação *Vers une architecture* como o primeiro livro básico da arquitetura modernista.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura		2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças		2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica



Fonte: Lippert (2000, p.126)

Figura 2.6- Projeto Geschwindigkeit – velocidade, Alexanderplatz, Berlin, Projeto de Wassil e Hans Luckhardt, 1929.

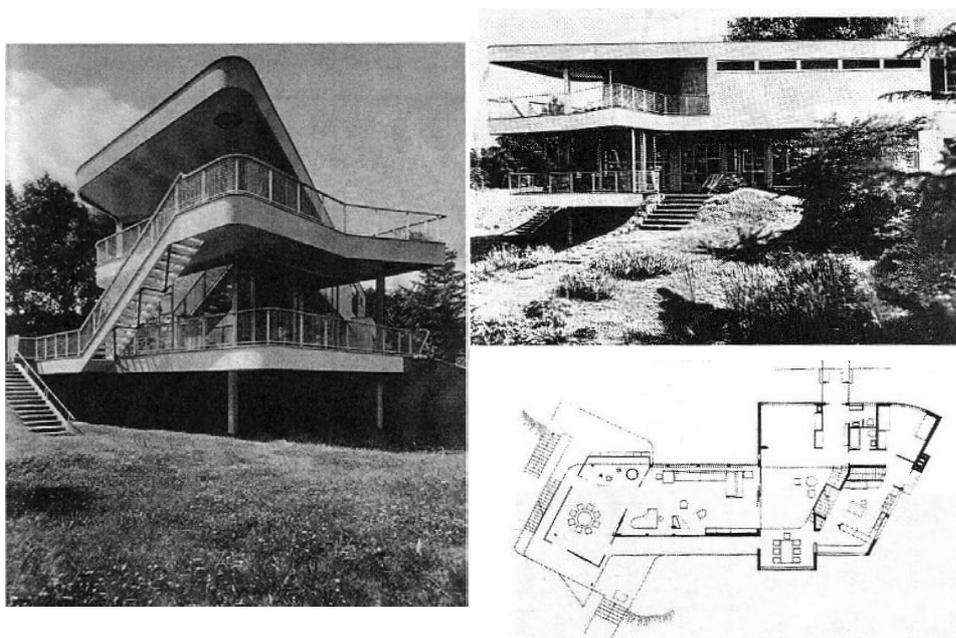


Fonte: Lippert (2000, p.125)

Figura 2.7 -Navio Lamorcière, Compagnie Transatlantique.

Nessa publicação Corbusier destaca os pontos positivos da composição formal de *algumas máquinas*, como o navio Lamorcière por exemplo; destaca a libertação dos estilos, a rigorosa ordem dos elementos construtivos, os telhados-terraços, a horizontalidade das formas, a unidade dos materiais de construção e as contradições entre cheios e vazios. Com base nos comentários do mestre é possível identificar a influência da estética futurista de Antônio Sant'Elia na produção de Le Corbusier. Essa influência da estética tecnicista está presente também em outras correntes de arquitetura, como, por exemplo, no Expressionismo alemão do período entre guerras, caracterizado nas obras de Erich Mendelsohn, nas quais é possível identificar um padrão estético tecnicista com a presença de elementos de arquitetura e formas baseadas na arquitetura naval. A Figura 2.8 apresenta um projeto em Loebau, Alemanha, Villa Schminke, projetado em 1933 por Hans Scharoun, no qual algumas características da *estética tecnicista naval* estão presentes. Geralmente, essas casas são alongadas, priorizando a dimensão horizontal, como um navio, com janelas em escotilhas, escadas metálicas ligando terraços como se fossem deques (próprios de navios). Essa edificação apresentava claramente características da arquitetura modernista, como horizontalidade, composição aditiva, uso do pilotis como também espaços fluidos.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura	2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças	2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica		



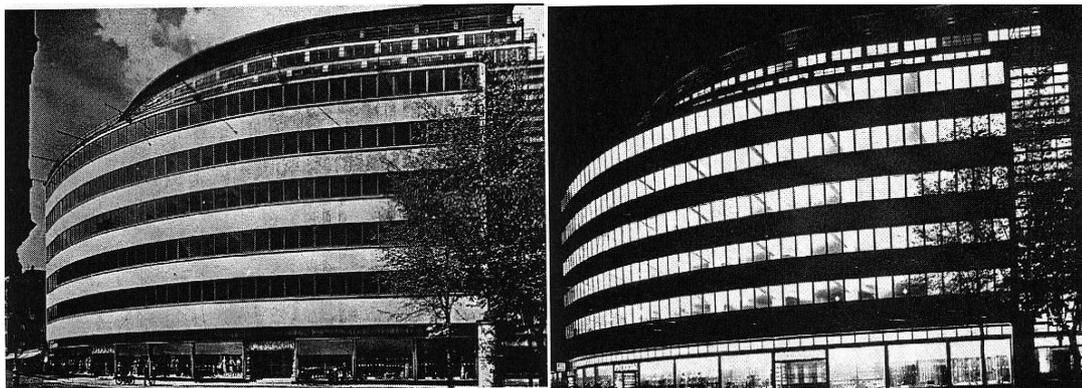
Fonte: Lippert (2000, p.125)

Figura 2.8- Villa Schminke, Loebtau, Alemanha, projetado em 1933 por Hans Schroun.

A segunda forma de manifestação da herança tecnicista do futurismo italiano, segundo Lippert (2004, p.126), foi a criação de elementos de arquitetura a partir da iluminação artificial. Nas décadas de 1920 e 1930 muitos prédios comerciais utilizaram esse conceito como estratégia de valorização da forma no período noturno, quando da não mais presença de luz natural, gerando uma nova configuração de cheios e vazios, com e sem luz. O prédio de Erich Mendelsohn, Kaufhaus - casa de compras Schocken em Chemnitz, projetado em 1930, é um dos exemplos dessa arquitetura (Figura 2.9).

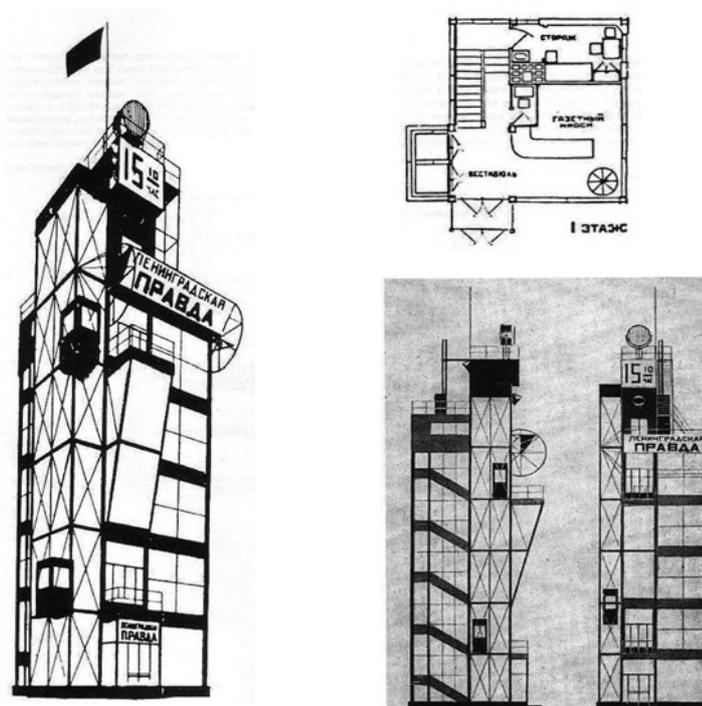
A terceira forma de manifestação da herança futurista, conforme Lippert (2004, p.126), é a utilização da envolvente da edificação como elemento de propaganda. Nesta terceira caracterização, os elementos de arquitetura da envolvente transformam-se em formas de propaganda de produtos e empresas. Nesse período várias edificações com tais características foram projetadas e construídas. A Figura 2.10 ilustra o prédio do jornal *Leningradskaja Prawda*, projetado em 1924 pelos irmãos Wesnin em Moscou. No edifício o vidro é utilizado como pele exterior a fim de evidenciar a transparência que um jornal popular deveria possuir. Além disso, são visualizados os elevadores através da transparência como forma de evidenciar o desenvolvimento tecnológico da empresa. Partes em concreto estão também presentes na fachada, transformando elementos de arquitetura em propaganda e informação do jornal. Antes ainda da entrada na era do movimento moderno, a *Werkbund*, em meados da primeira década do século XX, contribuiu ativamente no repertório da discussão estética do futuro modernismo.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura		2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças		2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica



Fonte: Lippert (2000, p.125)

Figura 2.9- Casa de compras Schocken em Chemitz, projetado em 1930 por Erich Mandelsohn.



Fonte: Lippert (2000, p.125)

Figura 2.10- Prédio do jornal “Leningradskaja Pravda, projetado em 1924 pelos irmãos Wesnin em Moscou.

Segundo Banham (2003, p.95), Muthesius, em 1907, fundou a *Deutscher Werkbund*, uma associação de arquitetos e designers que objetivava melhorar a qualidade dos produtos alemães perante o avanço e conquista dos mercados pelos produtos ingleses. A Werkbund, desde o início, foi caracterizada através de duas alas: a primeira expressionista, que acreditava que cada projeto teria uma nova forma, e a segunda acadêmica, que buscava a simplificação da forma. Muthesius, no período, ficou conhecido pelas suas idéias de padronização e produção em série dos produtos industrializados. Montaner (2000, p.46) classifica Muthesius como um representante do papel de William Morris no movimento *Arts e Crafts* em meados do século XIX na Inglaterra, do qual fizeram parte importantes nomes da arquitetura européia, tais como Peter Behrens, Walter Gropius, Hans Polzig e Berg. Aspectos como simplificação e padronização foram discutidos intensamente nesse período. Obviamente, ocorreram outras

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura		2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças		2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica

influências importantes na preparação do novo movimento. Banham (2000, p.13) afirma que no âmbito da discussão estética, a indiferença de Guadet e Geoffrey Scott ao ornamento ou a própria intensiva crítica de Loos a esse são aspectos que influenciaram na discussão do novo movimento.

Segundo Busse (2000, p.12), a tecnologia preparou o cenário para as mudanças, mas foi através da arte cubista, expressionista e do design da Bauhaus que o novo movimento de arquitetura moderno iniciou-se. O autor refere ainda que a influência da pintura foi um decisivo impulso para a renovação. Busse (p.13) relata que o movimento holandês de arquitetura “De Stijl”, formado em 1917 pela união de arquitetos e artistas, transferiu a geometria abstrata da pintura de Mondrian e Van Doesburg para as esculturas plásticas tridimensionais. Um exemplo dessa direção foi o projeto da casa Schröder de 1924, com seus ângulos perpendiculares, gerados a partir da sobreposição de chapas em cruz, de Gerrit Rietvelds (Figura 2.11).

Obviamente, nesse período de consolidação da mudança, a dimensão tecnológica desempenhou um papel fundamental de preparação, mesmo que a transformação tenha acontecido nos âmbitos da pintura e do design. Na verdade, os valores da estética da máquina apresentados pelos futuristas na metade da primeira década do século XX deixaram marcas profundas nas gerações posteriores de arquitetos, influenciando até mesmo mestres da arquitetura do período, como Le Corbusier. Muitos projetos das décadas de 1920, 1930 e de data posterior apresentaram tais configurações estéticas, caracterizadas nas páginas anteriores.

O começo do século XX marcou o auge do domínio da dimensão tecnológica disponível por parte dos arquitetos, movimento este tinha começado em 1870 nos EUA, com a Escola de Chicago. Um exemplo desse domínio é a relação do arquiteto Peter Behrens, membro ativo da *Deutscher Werkbund*, com a Companhia AEG.



Fonte: Busse (2000, p.12)

Figura 2.11- Casa Schroeder, 1917, projeto de Gerrit Rietvelds.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura	2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças	2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica		

Behrens trabalha desde o design de cartões, placas publicitárias, linhas de produção até o projeto dos edifícios. Não se deve relacionar o domínio da tecnologia à modernidade das edificações projetadas no movimento moderno porque, nos projetos de Behrens para a AEG, ainda está presente um novo conteúdo interno com uma velha roupagem clássica. O importante, aqui, é registrar o domínio por parte dos arquitetos da dimensão tecnológica nas duas primeiras décadas do século XX. Nesse período, em decorrência de várias influências, como a da Escola de Chicago, a do trabalho e idéias de Frank Lloyd Wright, do Futurismo italiano, das associações de arquitetos e artistas européias e, sobretudo, do design e das artes como a Bauhaus, iniciou-se o movimento moderno. Segundo Martinez (2000, p.29), a composição formalmente regulada na arquitetura de estilos configurou-se numa realidade de total liberdade dos elementos de composição. “Trata-se de uma mudança de ideais formais, materializada nas arquiteturas pitorescas, em geral de inspiração vernácula”. (MARTINEZ; 2000, p.29). A valorização da função, a independência dos tipos e dos estilos, o surgimento dos elementos de arquitetura através da hierarquização de funções, entre outras características, identificaram o novo movimento de arquitetura.

Nesse ponto da discussão sobre a relação entre a tecnologia e a projetualidade em geral a partir da análise da entrada do movimento moderno, é interessante apresentar, de forma sucinta, a evolução dos elementos de arquitetura, já que a mudança da maneira de projetar dos arquitetos veio acompanhada de uma nova forma de encarar e trabalhar tais partes materiais do edifício. Nesse momento houve uma alteração simbólica na presença dos elementos de arquitetura, tanto do modo como são gerados quanto no modo como aparecem na composição. Numa arquitetura de estilos, segundo Martinez (2000, p.130), apresentavam-se proporções estudadas e construções com materiais nobres; empregavam-se as formas corretas e eram entendidos como elementos pertencentes às ordens clássicas. “Para a composição clássica, nem todas as partes da construção eram elementos de arquitetura, assim como nem todas as partes da construção formavam parte da arquitetura.” (MARTINEZ, 2000, p.130). Conforme já caracterizado, o texto de Durand, no início do século XIX, incorporou todas as partes da edificação como elementos de arquitetura. Especifica Martinez (2000, p.135) que os elementos de arquitetura como peças da envoltória da edificação apresentaram, a partir desse momento da história, década de 1950, a “construção verdadeira”, deixando claro como o edifício seria sustentado e construído numa *neotectonicidade* que atingiu o seu apogeu no *neobrutalismo* e nos estruturalismos que persistem até o presente. A discussão sobre os elementos de arquitetura neste ponto do trabalho é importante porque, diferentemente da tecnologia apresentada no século XIX numa arquitetura *não aceita* pela Escola de Belas Artes e pelos arquitetos em geral, definida como a produção dos engenheiros, no século XX os elementos de arquitetura, como partes que estruturam, mantêm e revestem o edifício, são novamente apresentados e valorizados. Essa nova forma de valorização dos elementos de arquitetura caracteriza uma nova dimensão *funcional representativa* da sua presença na edificação.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura		2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças		2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica

Um segundo ponto importante a ser esclarecido, proveniente da nova forma de pensar e projetar a arquitetura, vem do conceito de Gropius com relação à negação da arquitetura passada. Gropius definiu que, com base nos novos conceitos de projetualidade, o arquiteto deveria projetar para cada nova obra os elementos de arquitetura, ou seja, para cada edifício existiria sempre um novo repertório de elementos projetados. Essa nova sistemática de trabalho gerou uma cultura moderna do detalhe, dinâmica que passou a ser um catalisador da tecnologia construtiva das décadas posteriores. Os arquitetos aumentavam o potencial de desenvolvimento das novas técnicas a cada projeto, gerando novos sistemas construtivos.

A velocidade de desenvolvimento das conquistas construtivas, em virtude, em parte, da cultura do detalhe, conduziu que, diferentemente do início do século XX, quando o domínio da tecnologia pôde ser exemplificado a partir da atuação de Behrens junto à empresa AEG, na qual ele projetou desde o *design* dos produtos até os novos edifícios industriais, existisse, segundo Banham (2003, p.513), um descompasso, a partir da década de 1930, entre a arquitetura e a tecnologia.

Montaner (2000, p.54) afirma que, nesse período, as observações da teoria centro-européia sobre a pura visualidade, o predomínio da forma e a percepção do espaço tiveram a sua expressão na teoria da arte e da arquitetura que se gerou em Londres. Para Martinez (2000, p.135), a entrada em cena da tecnologia construtiva levou, especialmente depois da Segunda Guerra Mundial, a um processo de seleção entre sistemas estruturais e tecnologias, não muito diferente da seleção entre estilos adequados ao caráter do edifício corrente na segunda metade do século XIX. O autor afirma que as peças do novo envoltório edificado, individualmente e em suas relações, falariam, a partir de então, da construção verdadeira, não da tectonicidade simbólica, deixando claro como o edifício era sustentado e como era montado, numa neotectonicidade, que atingiu o seu apogeu no neobrutalismo e nos estruturalismos que persistem até o presente. Nesse período, a tecnologia teve um papel preponderante na projetualidade da arquitetura. Mascaró (1990, p.226) caracteriza esse momento da história como marcado pela intensidade da valorização dos aspectos tecnológicos no fazer arquitetônico.

A construção chegou a ser cada vez mais uma “ciência” (técnica) da engenharia, não determinada por arquitetos, mas fomentada por técnicos. Se combinamos o conceito de progresso com a arquitetura, esta idéia se refere, sobretudo, ao potencial de progressão da construção. O contraste aberto no século XIX entre a arte da arquitetura a engenharia continuou vigente e determinou também a dissociação entre a tradição da Modernidade e o Pós-Modernismo... A tecnologia estava sendo utilizada como um fim e não como um meio, não de maneira emblemática, exceto em algumas obras de especial qualidade. (MASCARÓ, 1990, p.226).

No final da década de 1960, segundo Montaner (2000, p.72), evidenciou-se uma forte influência das metodologias estruturalistas e semiológicas, que tomaram o relevo de uma boa parte do pensamento da década de 1950, o qual estivera marcado pelo humanismo, pelo

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura		2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças		2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica

existencialismo e pela fenomenologia. O resultado das modificações foi a herança de um panorama de dispersão e fragmentação, caracterizado por um mosaico de posições, em partes distintas e em partes contínuas, como o pós-estruturalismo, o pós-modernismo e a desconstrução. Montaner (2000, p.72) considera Venturi como um dos arquitetos responsáveis pelas modificações nesse período. No seu livro, Venturi (1995) apresenta novas teorias, que intensificam as discussões das novas tendências da arquitetura. A nova composição de Venturi diminui a sua dependência da função e relaciona-se às contradições e ambigüidades dos elementos de arquitetura na composição do todo construído. Montaner (2000, p.73) afirma que o texto de Venturi se baseia na confiança de que a arquitetura é uma linguagem comunicativa e que a essência da arquitetura radica nos processos de percepção das formas. A composição do arquiteto gerou a eclosão do *pop-art* na Inglaterra e nos Estados Unidos. “Venturi argumentava que a arquitetura não era, em primeiro lugar, construção, mas um meio de comunicação.” (MASCARÓ, 1990, p.252). “Neste sentido a configuração do espaço arquitetônico tendeu a ser mais representado que construído, a pôr maior ênfase nas suas conotações simbólicas que em seus usos e funções.” (p.223).

Nesse panorama de distintas posições destaca-se também o Archigram inglês, movimento que valorizava a tecnologia como elemento estruturador da produção arquitetônica, como também procurava a continuidade dos fundamentos modernos, porém cobrando uma nova forma, baseada nas novas conquistas tecnológicas e ícones de um novo tempo.

O tom combativo destes primeiros Archigrams colocava-se como revisão do funcionalismo, ao pretender superar a “decadente imagem da Bauhaus”, mas ao mesmo tempo como busca de continuidade com relação aos fundamentos modernos; como demanda objetiva através do investimento em novas tecnologias, como também como demanda por mais expressão e mais forma, ao clamar por uma poética extraída do capacete do astronauta e das contagens regressivas das viagens espaciais, que de alguma maneira recuperasse o heroísmo das vanguardas.(CABRAL, 2001, p.322).

Segundo Cabral (2001, p.19), o Archigram não apenas buscou “integrar as últimas tecnologias no projeto, mas tentou reflexionar, através da arquitetura, sobre as experiências que a técnica colocava no plano cultural e social.”

Martinez (200, p.70) afirma que, a partir da década de 1970, houve uma recuperação do uso da tipologia, como um novo academicismo, no qual os papéis atribuídos às matérias teóricas tendiam a confirmar a ideologia do modernismo esquemático, fortemente questionado na prática real da profissão.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura		2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças		2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica

Conforme Mascaró (1990, p.227),

a visão das pessoas do mundo moderno e suas possibilidades, passou a ser reformulada. Os horizontes de expansão e o crescimento se contraíram bruscamente. Após serem alimentadas durante décadas com energia “barata e abundante”, as sociedades modernas e seus produtos, inclusive a edificação, teriam que aprender com rapidez como utilizar suas limitadas fontes de energia para proteger seus recursos em declínio e para evitar que o mundo ruísse (teoricamente). Foi desse processo de pensamento e busca de soluções, recém iniciado, que surgiu a arquitetura dos anos 70. Apareceu uma concepção da arquitetura entendida como arte social, com solicitações de mais política e menos planejamentos.

Para Montaner (2000, p.90), a partir da década de 1980, quando em distintas manifestações artísticas se falava da era pós-moderna, caracterizou-se o manifesto de que o até agora dominante pensamento estruturalista e semiológico estava superado pelo seu herdeiro, o pós-estruturalista. Entrou-se num novo período, no qual a multiplicidade cultural dominava. Essas idéias eram caracterizadas por novas interpretações científicas, baseadas na concepção de um universo em não-equilíbrio, que se expressava em geometrias fractais. Tanto a atividade científica como a filosófica se viram obrigadas a renunciar as suas pretensões de neutralidade e objetividade, à sua vontade de conhecimento universal e ao seu projeto de uma ciência unificada e de uma filosofia totalizadora.

Neste panorama da segunda metade do século coexistem, também, uma acentuada preocupação por recuperar a aura de objetos passados e a necessidade de fincar os pressupostos arquitetônicos na tradição. O esforço por recuperar as origens racionalistas, a busca de uma normativa clássica, os gestos simbólicos dos projetos construtivistas, a inclusão das formas vernáculas, o esforço por acentuar o pop, a recuperação das imagens fascistas dos grupos de tendência, formam parte destas correntes. (MASCARÓ, 1990, p.225).

Conforme caracterizado na introdução deste trabalho, Pahl (1999, p.07) afirma que a arquitetura, atualmente, reage ao contexto do mundo, caracterizado por uma troca de paradigmas, ou seja, quebra da modernidade e início de um novo tempo. A variedade de estilos é, na verdade, a causa da diversidade de discursos teóricos, os quais intensificam às discussões na arquitetura. Para o autor, o debate dirige-se para o valor do moderno, para a sua superação ou revisão como projeto incompleto, inacabado, para o funcionalismo e crítica; para o movimento *high-tech* como forma de expressão arquitetônica de uma antiga máquina; para a arquitetura escultural e simplicidade poética; para o neo-racionalismo e ecletismo como regresso ao princípio do clássico; para o pós-moderno como força contrária do moderno ou como movimento para a renovação; para o programático “anticlássico” como idéia da desconstrução arquitetônica e, daí, influenciando correntes como a *arquitetura textual*, para a arquitetura como resultado. Nessa *fractividade arquitetural* anunciada por Pahl (1999, p.211) apresentam-se as novas correntes de arquitetura do século XX como também as suas principais características (Tabela I.1).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura		2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças		2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica

2.1.Principais aspectos da análise histórica do papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura em geral

Com a exposição de um breve histórico sobre o uso da tecnologia na arquitetura nos últimos duzentos anos, são apresentados a seguir três importantes aspectos conclusivos. Inicialmente, reforça-se um importante tema presente na revisão e conteúdo do capítulo, no qual se estabelece uma relação entre o Futurismo italiano de Antônio Santa´Elia e o *high-tech*, como corrente de arquitetura da atualidade, como forma de valorização da dimensão tecnológica no que diz respeito à intenção do arquiteto.

O segundo aspecto a ser mencionado está ligado à relação dos métodos de resolução do projeto arquitetônico nos séculos XIX e XX ao desenvolvimento da tecnologia construtiva. A abordagem objetiva esclarecer de que maneira a composição acadêmica de Durand e o método funcionalista do modernismo interferiram no desenvolvimento tecnológico.

O terceiro aspecto a ser mencionado relaciona-se ao papel dos elementos de arquitetura na diversidade da produção arquitetônica atual. Pela análise, verifica-se a apresentação de uma nova contribuição à arquitetura, considerando a classificação das diferentes ênfases presentes na dimensão tecnológica na produção atual, como também uma definição de graus de intensidade, no que tange à valorização dessa dimensão nas diferentes correntes.

2.1.1. Contribuição histórica da análise

A partir da manifestação futurista na primeira década do século XX, na qual o entusiasmo com as máquinas e a evolução tecnológica permearam a organização e idealização de uma nova forma de arte e arquitetura, muitos movimentos de arquitetura posteriores foram influenciados, conforme já caracterizado anteriormente. O próprio Le Corbusier extraiu estratégias compositivas da análise da forma de máquinas para o amadurecimento da sua arquitetura. No âmbito dos arquitetos influenciados pelo grupo de Sant´Elia estão muitos profissionais -expressionistas alemães, deconstrutivistas russos, modernistas europeus - que, posteriormente, idealizariam e construiriam edificações nas quais a tecnologia seria utilizada de forma a destacar, reforçar e, até mesmo, consolidar novas empresas no início do século. O importante aspecto dessa estratégia foi, na verdade, a maneira como tais arquitetos utilizaram esses conceitos, através dos aspectos construtivos ligados ao desenvolvimento tecnológico. No desenvolvimento desse capítulo esta estratégia foi definida como a terceira influência estética do futurismo na arquitetura pós-futurista italiano. Os arquitetos pós-futuristas italianos foram responsáveis pela criação da dimensão tecnológica funcional de representação – os elementos

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura		2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças		2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica

de arquitetura mostram como o edifício funciona – e pela dimensão tecnológica de representação extrusiva – os elementos de arquitetura apresentam a tecnologia como representação simbólica, como ícone. Esses conceitos são mais bem caracterizados na terceira parte deste item.

A arquitetura da segunda metade do século XIX já tinha apresentado a dimensão tecnológica funcional de representação através dos projetos das estações de trem, estufas, edifícios industriais e pavilhões de exposições, contudo esses não foram considerados como obras de arquitetos, por não pertencerem à arquitetura de estilos vigente nesse período. Nesse sentido, é importante apresentar e reforçar essa ligação entre o Futurismo de Sant’Elia, como principal gerador da cultura tecnicista no início do século XX e a dimensão tecnológica de representação extrusiva e intrusiva – elementos de arquitetura de elevado valor tecnológico são apresentados externamente e internamente na composição – presentes, sobretudo, na corrente de arquitetura *high-tech*.

2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças

Com o método de composição idealizado por Durand no início do século XIX, os elementos de arquitetura eram escolhidos a partir da adaptabilidade da concepção escolhida às possibilidades disponíveis, ou seja, não havia nenhuma relação entre o desenvolvimento tecnológico e o ato de compor. A partir do método moderno de Gropius, na segunda década do século XX, no qual os estilos passados foram renegados e, conseqüentemente, os elementos de arquitetura passaram a ser trabalhados a cada novo projeto, gerando sempre novos repertórios, foi criada uma “cultura do detalhe” e, obviamente, o desenvolvimento das técnicas e materiais construtivos tornou-se uma constante nas atividades dos arquitetos modernos. A nova cultura do detalhe, agregada às rápidas transformações da sociedade, gerou o novo paradoxo da perda do domínio dos aspectos construtivos. Os arquitetos, nesse momento, contribuem para o desenvolvimento tecnológico no âmbito da construção, pelos novos e variados repertórios criados para novos projetos, mas ao mesmo tempo, não acompanham os desenvolvimentos tecnológicos no mesmo âmbito, em razão da rápida velocidade de transformação, ou seja, a capacidade de desenvolvimento da tecnologia é maior que a de assimilação por parte dos arquitetos. O processo hoje utilizado no desenvolvimento projetual é híbrido, com características, quanto ao partido, ao desenvolvimento, à sintaxe, entre outras formas de abordagem, do método de Durand, acadêmico, como também do moderno.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura		2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças		2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica

2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica com base na leitura dos elementos de arquitetura

A diversidade da produção arquitetônica na atualidade é caracterizada por distintos valores das variadas dimensões presentes no âmbito da projetualidade. Pela análise das nove correntes de arquitetura identificadas por Pahl (1999, p.214-287), foi possível a classificação da ênfase dada à dimensão tecnológica no âmbito da projetualidade atual. As diferentes ênfases têm as seguintes classificações: dimensão representativa (extrusiva e intrusiva) e dimensão funcional (de representação e discreta).

A dimensão tecnológica funcional relaciona-se à utilização das técnicas e materiais construtivos no sentido de fazer o edifício funcionar. Nesse âmbito, o edifício pode ou não mostrar o seu funcionamento. A dimensão funcional de representação relaciona-se à intenção de apresentação do entendimento das partes do edifício, ou seja, à caracterização do modo como ele é montado e composto. Essa dimensão caracteriza-se por tipologias com materiais aparentes, pela marcação da estrutura em baixo relevo, por edifícios envidraçados, enfim, por edificações que mostrem como são materializadas. A Figura 2.12 traz duas ilustrações da dimensão: os edifícios do Banco Alemão, em Dresden, e um prédio do complexo governamental em Berlin. O Banco Alemão apresenta o fechamento vertical em alvenaria aparente, caracterizando a estratégia de como o edifício é construído, no que tange aos planos verticais. No caso do edifício administrativo em Berlin, a superfície transparente possibilita a legibilidade construtiva do fechamento vertical e das estruturas metálicas de vigas e pilares.



Figura 2.12- Dimensão funcional de representação - Banco Alemão, Dresden, edifício administrativo, Berlin.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura		2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças		2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica

Ainda na apresentação da dimensão funcional, ocorre a utilização dos aspectos técnico-construtivos com o intuito apenas de fazer o edifício funcionar, sem a preocupação de externar as suas características construtivas. Essa ênfase da dimensão tecnológica é definida como funcional discreta. Os edifícios com fachadas revestidas, com a presença de pouca transparência caracterizam a estratégia de utilização desses elementos técnico-construtivos.

Já a ênfase representativa na dimensão tecnológica, relaciona-se à utilização da tecnologia como ícone, como cenário, e estratégia de propaganda, nela depositando a responsabilidade de transmitir a idéia de desenvolvimento e de confiança. No âmbito da projetualidade, essas estratégias são muito utilizadas em edifícios comerciais, geralmente estando presentes nas edificações *high-tech*. As classificações extrusiva e intrusiva relacionam-se à estratégia de utilização dos elementos técnico-construtivos de alto desenvolvimento tecnológico. O Banco Xangai, em Tóquio, um conhecido exemplo da arquitetura *high-tech*, apresenta uma característica *extrusiva* no sentido de caracterizar na sua envolvente exterior a pretensão de demonstrar um elevado grau de desenvolvimento tecnológico nos seus elementos de arquitetura, ou seja, a técnica é utilizada como símbolo. Já as edificações classificadas na ênfase intrusiva relacionam-se à apresentação interior dos elementos de arquitetura com elevado desenvolvimento tecnológico, no sentido de convidarem os usuários do ambiente exterior a usufruírem visualmente, ou fisicamente, das possibilidades presentes. O arquiteto Gunter Hennis tem utilizado a ênfase representativa intrusiva como estratégia compositiva nas novas fábricas da empresa Volkswagen na Alemanha.



Figura 2.13- *Glasernmanufaktur* em Dresden, Fábrica da VW, projeto do arquiteto Gunter Hennis, Dresden 2001.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura		2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças		2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica



Figura 2.14- Dimensão representativa intrusiva - Fábrica Cidade dos Autos, Wolfsburg, Alemanha.

A proposta do arquiteto transformou-se em estratégia de marketing da empresa num segundo projeto desenvolvido também na Alemanha. No primeiro projeto, a fábrica da Volkswagen em Dresden, a tecnologia de ponta está presente internamente no edifício e, ao mesmo tempo, através da transparência há intenção de mostrar ao usuário externo o mundo interno das conquistas tecnológicas. A estratégia de marketing é expor as complexas linhas de produção através dos fechamentos verticais, com o objetivo de mostrar como os carros são fabricados.

No exemplo apresentado é ilustrada a fábrica da Volkswagen em Dresden, *Dresden Glaserne Manufaktur*, localizada em uma importante, valorizada e histórica área da cidade, “Grande Jardim” - *der Grossgarten*, na qual a linha de montagem, nos quatro andares, pode ser observada através do fechamento transparente vertical norte (Figura 2.13).

A segunda fábrica da VW fica em Wolfsburg e é chamada de “Cidade dos Autos” – *Autostadt*. Através da transparência do plano vertical, a linha de produção é aberta para o público como um convite: “Venha ver como o seu futuro carro é produzido!” (Figura 2.14).

Entendido o papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura em geral, oriundo da classificação e análise das diferentes formas da presença da dimensão tecnológica na produção atual, realiza-se no próximo capítulo uma revisão histórica das coberturas e edifícios industriais, objetivando entender a contribuição desses temas para a arquitetura.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	2.1. Papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura		2.1.1. Contribuição histórica da análise	2.1.2. Método projetual - avanços, desafios e mudanças		2.1.3. Entendimento da ênfase tecnológica

3. A PROJETUALIDADE DAS COBERTURAS E DOS EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS NOS ÚLTIMOS DUZENTOS ANOS

3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos

Revisão e panorama da questão

Atualmente existem muitas metodologias de análise da edificação, para o entendimento da evolução cronológica das tipologias. Entre os diferentes métodos de análise, destacam-se os de Waisman (1972), Clark e Pause (1997), Ching (1998), Baker e Argan (1989), entre outros. Antes da apresentação das metodologias de análise, é importante destacar que, o estudo do tipo ocorre com base na contextualização dos paradigmas presentes nos diferentes momentos dos últimos duzentos anos e seus respectivos emblemas, caracterizados pelas obras de arquitetura construídas nos diferentes períodos.

Waisman (1972) apresenta um rol de características de análise de um edifício, tais como: “estrutura” - sentido tecnológico; “forma” - modo de conferir forma aos espaços; “função” - objetivo social que há de cumprir a arquitetura para entender os requerimentos que a sociedade lhe apresenta; “relação com o entorno” - aspecto formal e funcionalidade externo; “tecnologia ambiental” - eficiência energética. Complementarmente, Clark e Pause (1997) desenvolveram um outro conjunto de características de análise e compreensão de uma edificação: “estrutura” - sentido tecnológico; “iluminação natural”; “massa” - imagem recebida em sua integridade; “relação entre planta, corte e fachada”; “relação entre circulação e espaço uso”; “relação entre unidade e conjunto”; “relação entre repetitivo e singular”; “simetria e equilíbrio”; “geometria”, “adição e subtração e hierarquia”. Baker (1989) afirma que os três fatores básicos que condicionam a arquitetura são definidos com base nos requisitos funcionais da cultura que os engloba e na necessidade de os edifícios de responderem às condições do lugar. Costa (2004) apresenta a análise do edifício industrial considerando o entendimento do “caráter da obra”, utilizando as classificações de Mahfuz (1996) - caráter genérico, imediato, essencial, programático e associativo - e relacionando as classificações à evolução cronológica do tipo. Waisman (1972, p.63) afirma que o conceito de tipo tem diversas acepções e significados na história, sendo alternadamente negado ou aceito como componente do processo criativo. A autora relata que desde o Renascimento até o século XIX pode-se considerar o tipo como um

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

modo de organização do espaço e da pré-configuração da forma. Jantzen (2000) define a importância do tipo como início dos repertórios necessários à imaginação e à criatividade, considerando a formação desse repertório com base na abstração e no entendimento dos exemplos que tiveram êxito ao longo da história da arquitetura. Argan apud Martinez (2000, p.105) afirma que o tipo configura-se como um esquema, deduzido pelo processo de redução de um conjunto de variáveis formais à base comum, ou seja, é assimilável a uma forma base. Para Martinez (2000, p.119), o conceito de tipo, em arquitetura, está circunstanciado por sua utilização. Não há, necessariamente, um nível de abstração ou de generalidade ao qual corresponda sempre a designação do tipo. Aymonino apud Martinez (2000, p.119) relata que não há uma única definição da tipologia edilícia, porque é cada vez redefinida com base na pesquisa que se pretende realizar, ou seja, é um instrumento, não uma categoria.

Considerando a importância do tipo no âmbito do estudo da projetualidade em geral, e da possibilidade do entendimento da tipologia industrial segundo uma abordagem cronológica, foi escolhido o método de análise utilizado por Waisman (1972). Foram definidos cinco aspectos de análise do edifício industrial: função, forma, estrutura, relação com o entorno e ambiente. As classificações de categorias são descritas a seguir por diferentes autores.

O termo “função” é definido por Mahfuz (1995, p.116) como aquele que liga uma coisa ao propósito concreto a que ela deve servir. O autor afirma que a conexão entre o partido e um todo construído é determinada pelos princípios estruturadores, os quais determinam as relações entre as partes, divididas em duas categorias: morfológicas e funcionais. Em contraposição a uma visão monofuncional da arquitetura, segundo Frascari (1995, p.63) apud Mahfuz (1995, p.120), podem-se atribuir quatro concepções aos princípios de geração funcional e formal da edificação, ou seja, os edifícios e suas partes são formados por:

- a) seus propósitos imediatos, ou seja, as considerações práticas de um objeto pertencem a este horizonte;
- b) seus propósitos históricos, ou seja, a funcionalidade é determinada também pelas concepções já existentes de organizações vinculadas a outras edificações;
- c) o terceiro horizonte considera a edificação como resultado da organização da sociedade, considerando também, possibilidades econômicas e materiais;
- d) o quarto princípio de geração funcional considera que um indivíduo pode se afastar de todas as normas existentes, gerando novos desenvolvimentos funcionais;

Segundo Mahfuz (1995, p.121), as quatro concepções estruturais estão presentes na arquitetura e vinculadas a constantes inter-relações hierárquicas, nas quais existe sempre o predomínio de um determinado aspecto.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

Dentre os critérios de análise de elementos arquitetônicos apresentados de forma sucinta, observa-se a importância da interação do edifício com o lugar e com o usuário. Waisman (1972, p.63), destaca a importância dessa análise no âmbito da discussão de tipologias de edificações, com o que, é possível determinar a própria relação do edifício industrial com o seu entorno, inicialmente a natureza e, posteriormente, a própria cidade.

Mahfuz (1995, p.122) afirma que o entendimento da forma dos edifícios vincula-se à compreensão das relações estruturais morfológicas topológicas e geométricas. “As relações topológicas, ao contrário das geométricas, não se baseiam em ângulos permanentes, em distâncias ou áreas definidas, mas em esquemas, como proximidade, separação, sucessão, fechamento (dentro, fora) e continuidade. No que se refere à arquitetura, as duas relações topológicas mais importantes são proximidade e fechamento.”(MAHFUZ, 1995, p.122). “As relações geométricas podem ser definidas como esquemas de organização das partes de um todo em relação a um ponto, a uma linha, a um sistema de coordenadas, ou a partir de um sólido elementar.” (MAHFUZ, 1995, p.128). No que diz respeito às relações geométricas, é importante caracterizar as estratégias compositivas de adição e subtração. Mahfuz (1995, p.133) explica que qualquer edificação só poderá ser definida como uma composição subtrativa ou aditiva. Essas duas estratégias de projeto determinam dois partidos: um compacto e outro decomposto.

Silva (1985, p.141) alerta que a análise das formas arquitetônicas não deve se restringir às bases simplesmente topológicas (descrição matemática e geometria); é necessária a superposição da análise topológica por uma investigação dos elementos perceptivos e sensoriais compreendidos na fruição daquelas formas. A afirmação do autor possibilita a análise das indústrias do século XX com base no caráter das edificações. Costa (2001) analisou as tipologias fabris do século XX na sua dissertação de mestrado considerando o caráter dos edifícios. Waisman (1972) afirma que é viável a análise das tipologias para verificação do tipo até o final do século XIX; posteriormente, em decorrência da complexidade dos programas e dos edifícios industriais, a análise deve pautar-se também por outros aspectos, vinculados principalmente ao caráter dos edifícios.

A análise a ser apresentada pretende incorporar os aspectos citados por Waisman (1972, p.62), *relaciones nivel inter-series e nivel extra-series* (requerimentos sociais, teorias arquitetônicas e processo de produção) no estudo dos edifícios industriais.

Já a análise das variáveis ambientais é orientada segundo Mascaró (1995), que determina os principais elementos climáticos interferentes na definição da interação de um edificação com o clima, como a radiação solar, os ventos e a umidade. No âmbito da radiação solar, a análise busca verificar a interação do edifício com a variável, considerando as trocas de energia com planos verticais e horizontais, ou seja, estudar a configuração das janelas e dispositivos de iluminação zenital, como também entender a relação da planta com os ganhos

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

de energia. No que diz respeito à ventilação e umidade, o estudo busca verificar a interação entre ambiente interior e exterior pelas aberturas.

O quarto aspecto da análise das tipologias industriais, segundo Waisman (1972), é a estrutura dos edifícios, entendida como conjunto de informações referentes a materiais e técnicas construtivas presentes nas edificações analisadas. Aqui são observados os fechamentos verticais, horizontais, sistema estrutural, aberturas e também elementos fora da abrangência dos já citados, mas com relevante importância.

O quinto elemento a ser analisado no estudo da evolução dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos é a relação com o entorno construído. Essa relação é dinâmica e adapta-se às necessidades dos edifícios, das cidades e das pessoas presentes nessa interação ao longo da história.

3.1.1 Século XVIII

Major (1984, p.183) caracteriza o cenário da arquitetura na segunda metade do século XVIII como de forte reação à forma da produção barroca, principalmente à carregada envolvente da edificação. Nesse contexto de oposição, segundo o autor, a burguesia desempenhou um importante papel ao exigir o direito de uma simplificada e disciplinada arte de construção. Paralelamente a esse contexto de retomada das características da antiga arquitetura clássica, através da valorização da produção e publicações de Paládio, oriundas do século XV, segundo Schunck (2000, p.08), o cenário econômico da Inglaterra, França e Alemanha passou por grandes transformações em virtude do crescimento da produção. As teorias de Adam Smith na Inglaterra e as primeiras leis sociais causaram na França um aumento da influência do salário dos trabalhadores nos custos de produção, gerando, indiretamente, um grande desenvolvimento da mecanização, como também nos materiais e processos de construção.

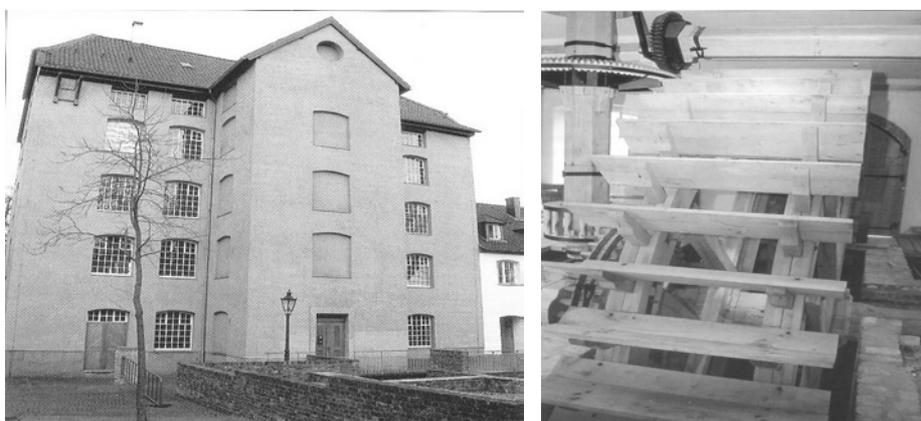
Segundo Bolleray (1991, p.11), entre 1716 e 1721, surgiram as primeiras indústrias têxteis, no início adaptadas de habitações residenciais e com o objetivo inicial de hospedar o maquinário. As primeiras construções seguiriam o padrão da tradição das paredes autoportantes e estruturas em madeira. Em 1735, John Watt desenvolveu a máquina de tecer. Nesse período a indústria do algodão dominava a produção têxtil, o que, segundo alguns historiadores, já caracterizava o início da Revolução Industrial. Em 1771, Barbier de Preston utilizou a força da água para fazer funcionar a máquina de tecer. Bolleray (1991, p.11) relata que a invenção de Barbier e a máquina de vapor foram as grandes descobertas do século XVIII. No que diz respeito às tipologias estudadas, Costa (2001, p.28) registra que, entre 1760 e 1790, surgiram os primeiros edifícios industriais como programa arquitetônico.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

Benévolo (1998, p.34) caracteriza o início do programa industrial pela organização da indústria têxtil, antes dispersa em oficinas, em decorrência da criação da primeira teceira mecânica, que substituiu a energia mecânica pela máquina de vapor de Watt. Uma segunda importante descoberta nesse período, segundo o autor (p.20), foi a invenção de Darby, que substituiu o carvão pelo coque, possibilitando um grande aumento na produção de ferro. As fundições passaram a ser implantadas junto às áreas de mineração. Esse era o cenário do começo da industrialização na Europa, uma Revolução Industrial gerada pela necessidade da redução dos custos de produção em decorrência das novas relações entre empregados e empregadores, gerando grande mecanização das indústrias, inicialmente das têxteis e, portanto, novas necessidades dos edifícios. A disponibilidade e abundância do ferro, conjuntamente com o crescimento das ciências da construção, pelo surgimento de muitas universidades, como a Escola de Pontes, na França, em 1774, a Universidade Técnica de Paris, em 1794, a Universidade de Praga, em 1803, e a Universidade de Viena, em 1815, proporcionaram os avanços das técnicas construtivas com o ferro e, com isso, a consolidação de um primeiro caráter do edifício industrial.

Função

Nesses primeiros anos da Revolução Industrial, a configuração do edifício era definida pela “concepção funcional”, vinculada aos “princípios imediatos das necessidades de produção”. Costa (2001, p.29) relata que, tipologicamente, os primitivos edifícios industriais possuíam um desenho com ênfase funcional e uma forma pouco sofisticada; o partido era baixo e compacto, passando, alguns anos depois, a alto e compacto, capaz de atender com eficiência às funções de armazenagem, distribuição e transporte. Na Figura 3.1 vê-se um edifício de produção de lã construído na Alemanha em 1773. Seu proprietário, o empresário Johann Gottfried Brügelmann, após visitar a Inglaterra e “aprimorar” o seu conhecimento sobre o tema, idealizou e construiu a fábrica, que hoje abriga o Museu da Indústria em Ratingen, Alemanha. A edificação é materializada em cinco pavimentos, estruturada internamente com ferro, gerando um partido compacto.



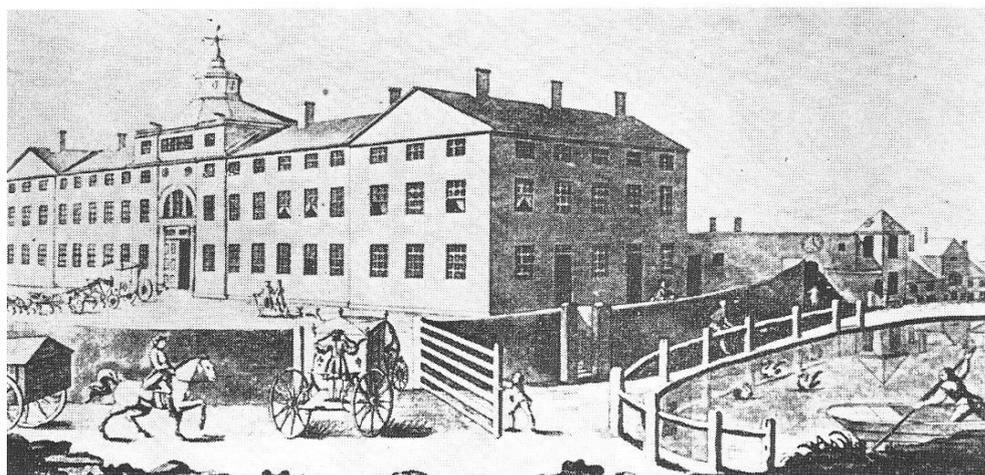
Fonte: Redieck e Schade (1999, p.18)

Figura 3.1- Tipologia industrial, moinho alemão, Ratingen 1783.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

Forma

Lenain (1977, p.28) apud Costa (2001, p.29) relata que, nas primeiras décadas da Revolução Industrial, o edifício teve a sua forma inicial definida por um aspecto e dimensões agrícolas. Já no final do século XVIII, em decorrência do desenvolvimento e das conquistas do uso do ferro, apresentavam uma diferente configuração formal, tendo entre seis e sete pavimentos de altura, com um partido prismático retangular. Segundo Pevsner (1980, p.339), na França, em 1791, já tinha sido publicada a obra *Traité sur la construction des manufactures*, de F. Coitereaux, abordando as fábricas têxteis reais e propondo um exterior deliberadamente simples, por acreditar que na função industrial não se fazia necessária a beleza. Nesse período, os edifícios industriais eram considerados obras sem valor estético, provavelmente em decorrência da configuração do prédio ser caracterizada com base na concepção funcional vinculada aos princípios imediatos das necessidades de produção.



Fonte: Bollerey (1991, p.25)

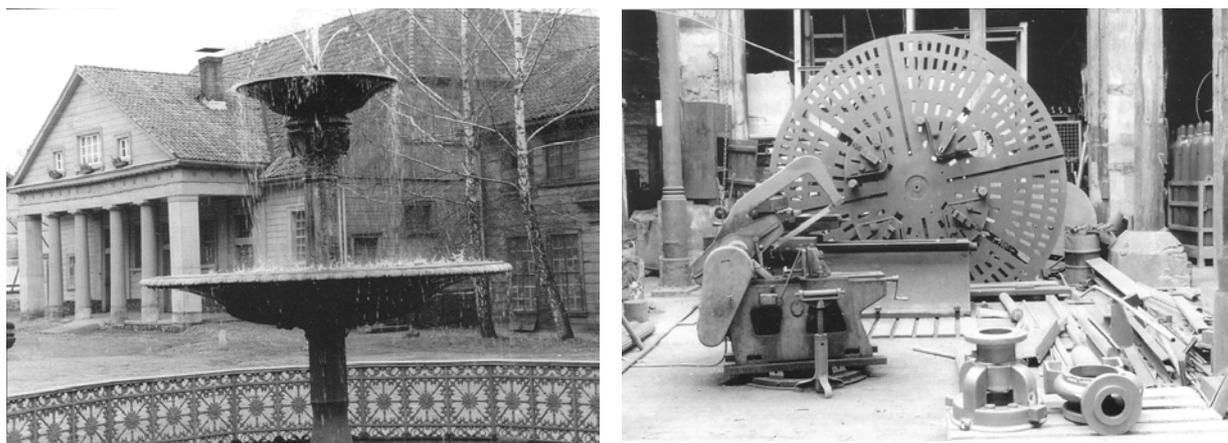
Figura 3.2- Tipologia industrial, caráter de edifício agrícola, 1764, Inglaterra.

Apesar das tentativas em contrário, a arquitetura industrial do final do século XVIII era desprovida de estilo, como no caso da Inglaterra, por exemplo, onde ocorreu a negação do “estilo georgiano”, resultando na criação de uma imagem própria.

Entorno:

Nesse período, com relação ao entorno dos edifícios industriais, as grandes transformações ocorreram, segundo Benévolo (1998, p.20), na indústria siderúrgica, antes situada próxima de regiões de florestas e, nesse momento, considerando a possibilidade de utilização do carvão como fonte de energia para os processos de laminagem, implantada próxima de regiões mineradoras, alimentando a nascente indústria mecânica. A Figura 3.3 traz uma fundição alemã, construída em meados do século XVIII, 1733, próximo a uma floresta. A indústria ainda está em atividade e caracteriza a pré-fase da Revolução Industrial.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	



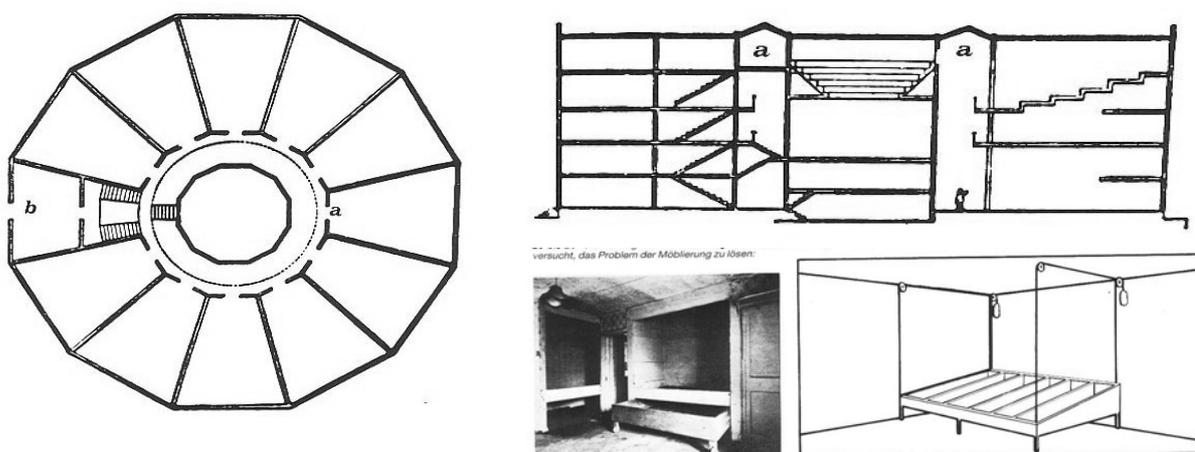
Fonte: Redieck e Schade (2000, p.78)

Figura 3.3- Fundação, Lautenberg, 1733, reformada em 1822 e 1906.

Bollerey (1991, p.24) registra que, em 1777, John Wood apresentou na Inglaterra, com a publicação *A series of plans for cottages, habitations of the labourer, adapted as well to towns as to the country* o projeto dos famosos *cottages* ingleses. Wood não chegou a experimentar as suas idéias, apenas desenvolveu os projetos, sendo, portanto, o primeiro arquiteto a apresentar conceitos utópicos sobre as vilas operárias. Ainda no século XVIII, segundo Bollerey (1991, p.109), na Alemanha, a idéia da cidade voltada à resolução dos problemas sociais era uma realidade enquanto produção intelectual de alguns arquitetos, como foi o caso de Franz Heinrich Ziegenhogen, que, em 1792, desenvolveu um projeto, transformando a cidade em áreas de produção ao invés de palácios. Na Inglaterra, em 1792, Jeremy Bentham e Owen foram os únicos arquitetos a trabalhar as vilas operárias com visão. Desenvolvendo o modelo intitulado *Panopticons*, Bentham propôs um projeto padrão para a utilização em prisões, vilas operárias e hospitais. O edifício projetado poderia adaptar-se facilmente aos diferentes usos propostos e, no caso das habitações para trabalhadores, foi proposta a resolução do mobiliário (Figura 3.4). O edifício tinha seis andares, com base poligonal e telhado com pouca inclinação; cada segmento de parede possuía duas esquadrias.

Nesse projeto foram utilizadas novas técnicas e estratégias construtivas. Foram projetados dispositivos de ventilação, aquecimento e fornecimento de água, como também foram feitas partes da construção em ferro, como pilares, portas, escadas, entre outros elementos. Enquanto os arquitetos da Revolução Ledoux, Boullée e Lequeu utilizavam nas novas obras técnicas convencionais, as indústrias e habitações para os trabalhadores incorporaram as novas conquistas construtivas. As novas idéias de configuração das cidades vieram mais tarde da Inglaterra e da França pelos trabalhos e idéias de Owen e Fourier, os quais, inicialmente, direcionaram as suas experiências para a resolução dos problemas das vilas operárias e, posteriormente, desenvolveram projetos de cidades industriais - Owen, e agrícolas - Fourier. Esses aspectos são detalhadamente esclarecidos em seqüência, na descrição do entorno do século XIX.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	



Fonte: Bollerey (1991, p. 20-21)

Figura 3.4- Bentham's Panopticon.

Ambiente

As indústrias, nesse período, eram problemáticas do ponto de vista microclimático. Grandes e numerosas esquadrias eram necessárias em decorrência da necessidade da iluminação dos espaços interiores. Essa configuração levava a que o prédio industrial fosse extremamente inadequado à permanência dos usuários no seu interior por longos períodos. Próximo das esquadrias configuravam-se espaços claros, bem iluminados e quentes no verão, porém frios no inverno em decorrência das trocas de energia proporcionadas pelas esquadrias. No meio do prédio, a ambiência térmica era menos ríspida, mas, ao mesmo tempo, os espaços eram pouco iluminados e, algumas vezes, também pouco ventilados. A forma retangular alongada, significou no final do século XVIII, a busca da luz na arquitetura, o que gerou alguns benefícios no ambiente do século XIX, descritos a seguir detalhadamente.

Estrutura

Costa (2001, p.29) apresenta um panorama dos aspectos construtivos presentes na arquitetura industrial do final do século XVIII. Nesse período, os edifícios industriais possuíam paredes de tijolos, que vedavam a estrutura de vigas, pilares e assoalhos em madeira, configurando prédios relativamente baratos e estáveis. Segundo Schunck (2000, p.11), a produção do vidro começou a ser incrementada a partir de 1760, aumentando a sua disponibilidade na construção civil, contudo a limitação do material só permitia a utilização no plano vertical, ou seja, nas janelas. No final do século XVIII, com o desenvolvimento e maior uso do ferro, surgiram as primeiras indústrias estruturadas em metal. Silva (1987, p.46) relata que “os incêndios ocorridos, na última década do século XVIII, em fábricas de tecidos de algodão na Inglaterra, criaram a oportunidade para a utilização do ferro fundido nas vigas e nas colunas que suportavam os pavimentos dos edifícios.”

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

Schunck (2000, p.8), registra que o conhecimento técnico da engenharia resolveu os problemas estéticos, funcionais e construtivos até o início do século XIX. Um importante aspecto desse período, no tocante às características construtivas do edifício industrial, foi a incorporação de todas as conquistas tecnológicas. Esse aspecto foi marcante na arquitetura industrial, ou seja, conforme surgiram novas conquistas, eram inseridas e passavam a fazer parte do edifício. A estrutura de ferro, no final do século XVIII, a substituição da gusa pelo aço, os avanços na produção do vidro, a descoberta da energia elétrica, do dínamo, do motor a explosão, na segunda metade do século XIX, juntamente com o concreto armado, foram conquistas que passaram rapidamente a fazer parte do programa das indústrias.

3.1.2 Século XIX

O século XIX foi um período de consolidação do método de projeto desde o tratado de Durand, em 1819, que transformou o ato de criação num processo caracterizado por regras compositivas voltadas à arquitetura clássica. Até a metade do século XIX, segundo Major (1984, p.184), a arquitetura neoclássica caracterizava-se por edificações com formas simples, revestidas externamente por uma roupagem clássica e marcadas por um caráter de monumentalidade, tanto no sentido da escala como no valor arquitetônico enquanto obra de arte. Major (1984, p.185) identifica o papel interpretado pelos arquitetos da segunda metade do século XIX, na tentativa de solucionar a diversidade de novos programas da construção, e como responsáveis pela discussão do estilo a ser utilizado. Segundo o autor, o arquiteto, nesse período, revitalizou as formas dos antigos estilos da idade antiga, média e do novo tempo através da arquitetura romântica e do ecletismo historicista. Ainda nesse século, aconteceram intensas discussões sobre o estilo de arquitetura a ser adotado. Lippert (2004), relata que o estilo neogótico chegou, então, a ser nomeado como o estilo nacional inglês e alemão. Segundo Major (1984, p.185), nesse período, na direção do novo estilo, apresentou-se uma realidade de avanços técnicos, materializados por novos materiais, novas edificações e necessidades, polarizadas entre um novo conteúdo interno e uma velha forma externa. Esse conflito entre o novo e o velho abriu espaço para a arquitetura tecnicista dos engenheiros, que exploraram as potencialidades do ferro e projetaram edificações com formas inovativas para o período. Pevsner (2001, p.192) define a aceitação da estética da tecnologia do século XIX como um colapso dos valores estéticos. Obviamente, nesse contexto de indefinição, a estética tecnicista ganhou força, apesar de ter sido renegada pelos arquitetos até o final do século. O autor afirma que o século era materialista e, portanto, voltado para a ciência e tecnologia. “A arquitetura de arquitetos e a arte acadêmica caminharam juntas, a arquitetura de engenheiros e pesquisadores e a arte de pesquisadores, não.” (PEVNER, 2001, p.192).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

Nesse período, Viollet-le-Duc é uma das poucas exceções, em se tratando de entender e incorporar as potencialidades do ferro na arquitetura. Estévez (2000, p.12) relata que “foi precisamente essa ligação entre a lógica e a técnica que permitiu a Viollet-le-Duc ver a arquitetura como um processo contínuo de evolução, cujos princípios permaneciam constantes ainda que sua feição material mudasse.” Ainda segundo o autor, Viollet-le-Duc estabeleceu um princípio cujas conseqüências vão, historicamente, além dos anos de esplendor da construção metálica: o princípio da sinceridade construtiva. A forma e a aparência de um edifício serão funções dos procedimentos construtivos que as inspiram. (ESTÉVEZ, 2002, p.12).

Esse período é conhecido na arquitetura como o “século da tecnologia”, no qual os grandes avanços foram oriundos, sobretudo, da “arquitetura do ferro”, acompanhada pelas conquistas da resistência e produção do vidro, materializada nos grandes vãos e na utilização das estruturas de ferro como elementos de rico valor formal. Esses avanços e transformações, vinculados à dimensão tecnológica da projetualidade, ocorreram mais intensamente, desde a segunda metade do século XIX, período em que ocorreu também a ruptura da Escola de Belas Artes com a Escola Politécnica, gerando uma polarização entre arquitetos e engenheiros. Os arquitetos continuaram compondo os seus pesados e clássicos edifícios, os quais seguiam as orientações do Neoclassicismo, vinculadas ao uso dos materiais em estado natural, como a pedra e a madeira, ao passo que os engenheiros, através de projetos de estações de trem, estufas, edifícios industriais, entre outros, exploravam as potencialidade do ferro, gerando uma arquitetura de rica qualidade formal. Essa arquitetura era renegada pelo corpo crítico daquele momento e considerada como sem qualidade. No período em análise, foram produzidos edifícios industriais com intenções estilísticas, como caracteriza Pevsner (1980, p.344), porém a realidade da tipologia teve um descrédito como obra de arquitetura.

É nesse contexto que a arquitetura industrial foi produzida, explorando e incorporando as inovações tecnológicas no seu corpo, principalmente através dos avanços com o uso e a produção do ferro e do vidro, na primeira metade do século XIX, e de muitos outros materiais, como betume, concreto armado e cimento, na segunda metade, mas mantendo o *status* de prédios sem arquitetura, em decorrência, também, da configuração da concepção funcional vinculada aos princípios imediatos das necessidades de produção. “A segunda metade do século XIX, mais precisamente entre 1870 e 1895, marca a segunda Revolução Industrial.”(BENÉVOLO, 1994, p.371).

Função

A organização funcional, tanto na primeira como segunda metade do século XIX, continuou vinculada aos princípios imediatos das necessidades de produção. O partido continuou compacto, porém sofreu alteração quanto à base geométrica, passando a ser estreito, a fim de obter um melhor aproveitamento da iluminação lateral.

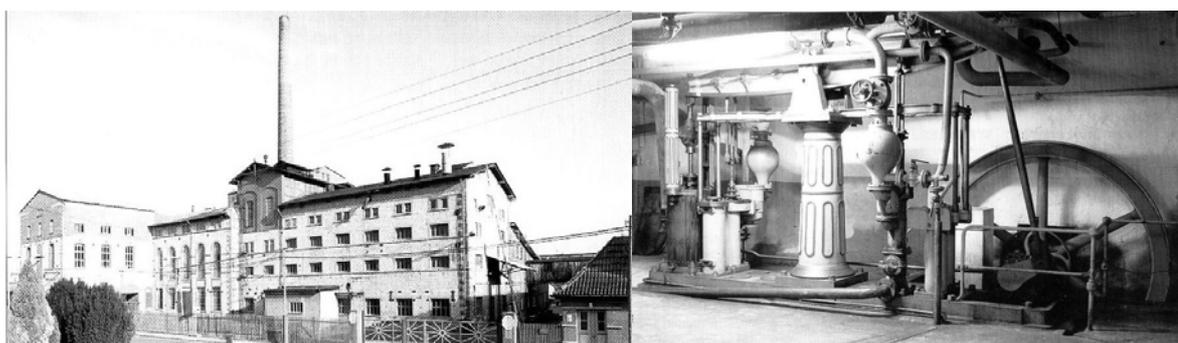
1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

Na segunda metade do século XIX, em decorrência das inúmeras alternativas tecnológicas, as técnicas construtivas passaram a atender a diferentes demandas de organização funcional e formal, decorrentes das necessidades dos diferentes tipos de indústrias, que surgiram nesse momento. Nesse sentido, segundo Costa (2001, p.50), construíram-se fábricas com diversos arranjos e organizações funcionais: horizontais e/ou verticais, em linha e/ou em grelha, com cobertura plana e/ou inclinada, com iluminação zenital e/ou lateral, com estrutura em ferro e/ou concreto. Porém, na segunda metade do século XIX, segundo Buchard (1961, p.319) apud Costa (2001, p.35), o surgimento do conceito de produção em série exigiu a reformulação das plantas baixas dos edifícios industriais a fim de atender aos novos diagramas de circulação da produção. Era uma nova lógica espacial a ser atendida:

A colocação adjacente de cada um dos edifícios e espaços está determinada pela trajetória da matéria-prima, artigos semi-elaborados ou acabados, existentes na produção e que devem desenvolver-se em uma só direção, porque movimentos contrários e inversos produzem uma redução do espaço e aumentam os custos da produção. (HILBERSEIMER, 1979, p.92 apud COSTA, 2001, p.35).

Forma

Costa (2001, p.30) afirma que, na primeira metade do século XIX, os maiores avanços estiveram vinculados a equipamentos e técnicas de produção, todavia, esteticamente não aconteceram grandes transformações. Nesse sentido, a arquitetura industrial do período era caracterizada por edifícios com base geométrica retangular com até sete pavimentos de altura. A Figura 2.29 apresenta uma fábrica de suco, que posteriormente foi transformada em usina de açúcar, construída na primeira metade do século XIX, em 1837, na Turíngia, Alemanha, cujo autor não é conhecido. A usina de açúcar deixou de funcionar no final do século XX e o prédio foi tombado pelo governo alemão em 1995. Costa (2001, p.50) relata que no auge da segunda Revolução Industrial, na segunda metade do século XIX, as inovações tecnológicas ligadas à sustentação e à comunicação interna dos edifícios industriais consolidaram as tipologias verticais. Além disso, com o surgimento da iluminação artificial, a composição linear do edifício passou a ser repetida nos dois sentidos: perpendicular e paralelo.

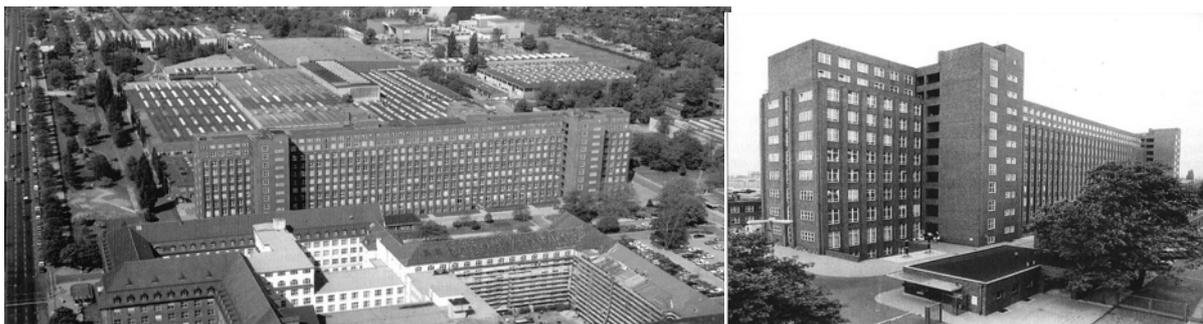


Fonte: Redieck e Schade (2000, p.41-42).

Figura 3.5- Fábrica de Sucos, Turíngia, 1837.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

A Figura 3.6 apresenta um dos prédios do complexo industrial da Siemens, em Berlin, Alemanha. O prédio, de onze andares, foi construído em 1898 para a produção de máquinas, cabos de força, motores elétricos e para receber a administração. A concepção funcional vinculada aos princípios imediatos das necessidades de produção podia, em parte, ser entendida pela leitura formal do edifício, conforme marcação da circulação vertical, na qual estão presentes os elevadores e a escada. O arquiteto responsável pelos projetos até 1915 foi Karl Janisch e, até 1951, Hans Hertlein.



Fonte: Redieck e Schade (2000:27, 28)

Figura 3.6- Fábrica da Siemens, Berlin, 1898.

Entorno

Benévolo (1993, p.58) afirma que, durante o século XIX, inúmeras reformas sanitárias foram realizadas em virtude de epidemias nas cidades, nas quais haviam grandes números de cortiços insalubres, com péssimas condições de iluminação e ventilação. Segundo Lippert (2004, p.131), as principais cidades europeias cresceram intensamente nesse período. Londres, por exemplo, entre 1810 e 1829, passou de 300.000 para 800.000 habitantes. Berlin e Paris seguiram o contexto das grandes cidades. Esse crescimento não ocorreu de maneira controlada, o que provocou a necessidade da máxima utilização dos espaços. Nesse contexto, em 1850, ocorreram problemas com doenças e epidemias, como a cólera, por exemplo.

Além do grande desenvolvimento tecnológico do século XIX, a polarização esteve presente também na própria organização da sociedade, marcada por profundas reformas sociais, as quais foram indutoras da mecanização e posterior segunda Revolução Industrial. Nota-se nesse período muito cuidado com a infra-estrutura das cidades, como por exemplo, na Inglaterra, onde se criaram os subúrbios (Figura 3.7), locais onde os trabalhadores industriais residiam. A apresentação da relação das indústrias com as novas configurações da cidade é extremamente importante neste capítulo em decorrência da tipologia industrial ter contribuído para a organização da cidade como elemento de transformação do espaço urbano e das próprias unidades de habitação. Nesse sentido, é enfatizado o item entorno do século XIX, considerando a grande contribuição das discussões sobre a interação dos edifícios industriais com os problemas da organização da cidade. Para isso, apresentam-se as experiências de Owens, nos Estados Unidos, e, principalmente, na Inglaterra, como também de Fourier, na França, nas

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

quais os arquitetos procuraram melhorar a qualidade de vida da classe trabalhadora através de projetos de novas configurações urbanas, ligadas à produção industrial, em alguns casos, e à agrícola, em outros. Um segundo aspecto que caracteriza a importância dada ao tema é a influência que os trabalhos de Owen e Fourier desempenharam nos projetos das “cidades-jardins”, do início do século XX, de Howard, as quais foram implantadas com êxito em várias partes do mundo.

As indústrias foram acompanhadas no século XIX de vilas operárias, isso em razão, no início, da preocupação com a produção, ou seja, da necessidade da proximidade da mão-de-obra, posteriormente, a intenção desse rearranjo passou a ser também de cunho social.



150. Luftaufnahme



151. Blick in eine Straße

Fonte: Lippert (2004, p.131)

Figura 3.7- Subúrbios ingleses.

Os *cottages* ingleses são bons exemplos para ilustrar a preocupação da proximidade da mão-de-obra às indústrias, porém não são bons exemplos de arquitetura, em razão das péssimas condições de habitabilidade e salubridade dos conjuntos. Segundo Bolleray (1991, p.14), as habitações para os trabalhadores ingleses no século XIX foram extremamente criticadas. Com um número de habitantes variando entre 30, 50, 70 até 90 mil, esses loteamentos eram caracterizados como ruínas, construídos irregularmente, com pátios sujos, com a presença de fumaça de carvão, e uma aparência nada comum. Os *Kellerwohnungen* – “apartamentos de porão” – apresentavam péssimas condições de salubridade. Nesses conjuntos eram construídos três tipos de *cottage* para diferentes classes de trabalhadores.

As reformas sociais implantadas a partir da primeira metade do século XIX trouxeram conseqüências diretas também no âmbito da arquitetura industrial, pois as indústrias passaram a ser pensadas como porções urbanas, compostas pelos edifícios industriais e moradias para os trabalhadores.

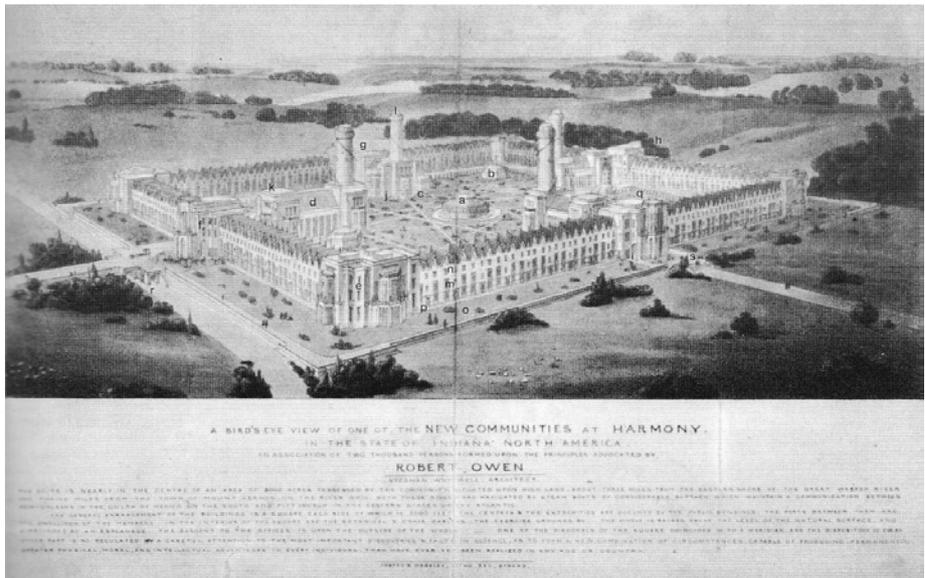
1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

Segundo Bollerey (1991, p.29), as publicações e os experimentos de Robert Owen foram uma importante referência para as cidades-jardins do final do século XIX e início do XX. Em 1813, Owen publicou *New view of society*, entre 1836 e 1838, publicou seu principal trabalho *The new moral world*. As experiências de Owen tinham começado em 1799, junto à indústria New Lanarck, de cuja administração ele participava ativamente, e onde testou as suas convicções sobre a necessidade de melhorar as condições de vida dos trabalhadores. Antes da participação de Owen na indústria New Lanarck, alguns módulos de produção e habitação para trabalhadores já haviam sido produzidos. Owen construiu o novo Instituto *Owen casa do povo*, obra interpretada como um grande avanço social no início do século XIX. Segundo Bollerey (1991, p.62), o trabalho de Owen foi muito comentado nos EUA, tendo sido convidado a apresentá-lo naquele país. Deixando o filho em Lanarck, Owen viajou aos EUA em 1825, onde o ponto alto da sua propaganda foram os dois discursos proferidos no Congresso americano em 1825; em 1824, ele desenvolvera o projeto New Harmony, que, contudo, não fora executado (Figura 3.8).

Na França, Fourier realizava um trabalho marcante, comparável com o esforço de Owen na Inglaterra. Em 1822, segundo Bollerey (1991, p.101), Fourier projetou a cidade do sexto período (Figura 3.9), dividida em três anéis: o centro da cidade, o anel das indústrias e, por último, as moradias. A cidade, nesse momento, passou a ser zoneada e planejada para veículos. A distância entre os anéis era de 12 m; entre as habitações, deveria ser igual sempre a média das alturas das duas casas.

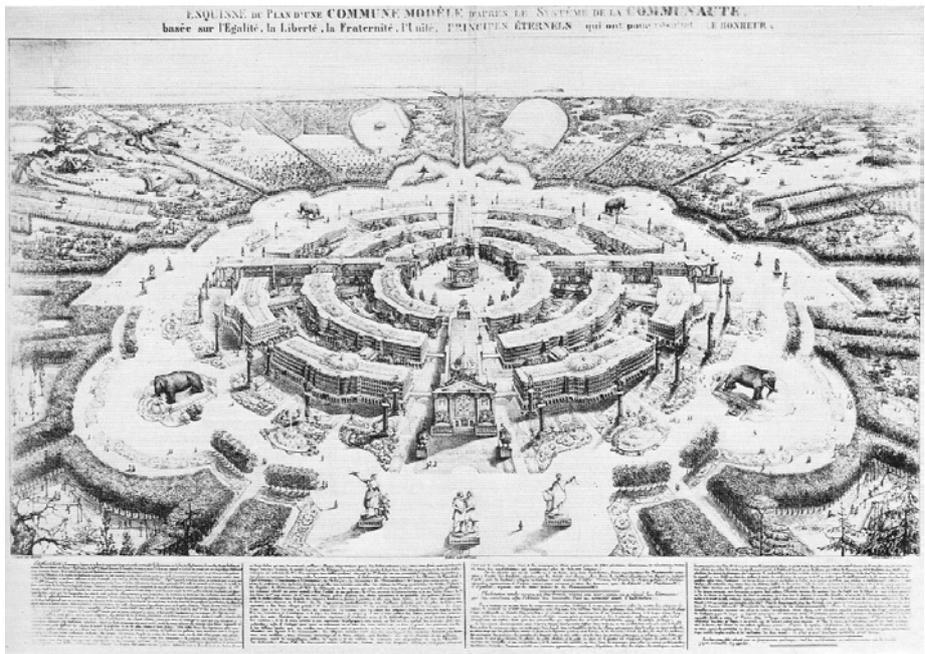
Em 1829 apareceram as “falanges”, cooperativas de produção com caráter de urbanização agrário, caracterizando uma associação doméstica agrícola. O objetivo era a divisão da cidade em “falanstérios”, os quais tinham uma capacidade para 400 famílias, em torno de 1600 moradores. O projeto era uma crítica com base na observação do individualismo econômico. Fourier criticou a irracionalidade da produção e a falta de valorização do chão agrário. Uma vila para 300 famílias teria apenas um depósito e um porão de armazenamento, uma cozinha e um centro de compras bem organizados ao invés de 300 individuais. O grupo chamado “falange” deveria possuir um terreno de uma légua quadrada (250 ha). Costa (2000, p.34) afirma que Fourier obteve um grande êxito com a sua proposta, principalmente nos Estados Unidos, onde, em 1850, já existiam 41 comunidades. A experiência mais famosa foi o falanstério de Godin (1859-1885), que possui em vez de galerias um pátio coberto por vidros e residências individuais, e uma fábrica (Figura 3.10). Além disso, deve-se considerar que a proposta de Fourier antecipou os regulamentos das construções oitocentistas, propondo, por meio de alas, o isolamento das atividades ruidosas.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	



Fonte: Bollerey (1991, p.65)

Figura 3.8- New Harmony, 1925, EUA



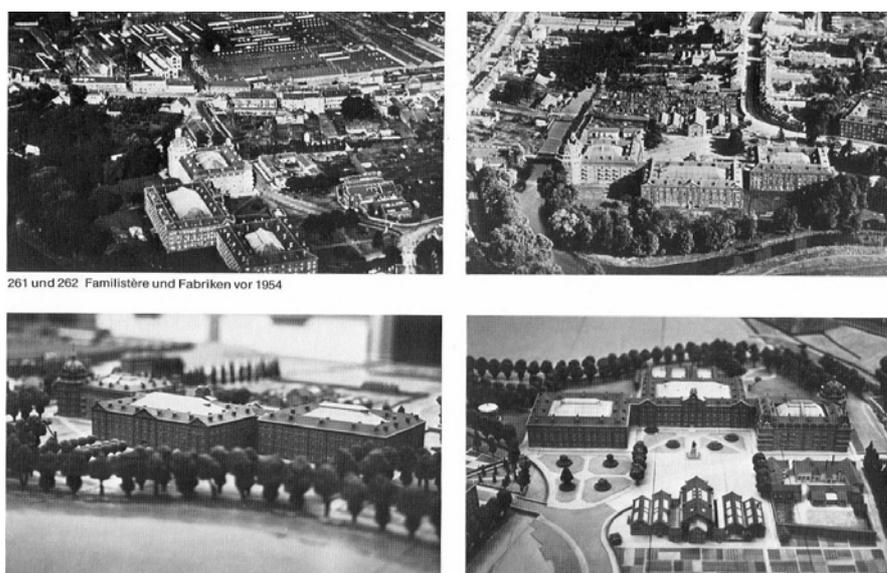
Fonte: Bollerey (1991, p.65)

Figura 3.9- Cidade do sexto período, projeto de Fourier, 1822.

“Percebe-se, portanto, que as duas propostas possuem um forte caráter urbano. Nelas, o edifício industrial não é mais visto como parte isolada da cidade, mas como um dos componentes a ser planejado dentro da complexa rede de relações urbanas. Os utopistas antecipavam a observação de que o processo de industrialização estava diretamente ligado à consolidação da urbanização e que, portanto, as demandas da emergente população urbana, que não era só trabalho, deveriam ser atendidas pela extensão indústria-cidade.” (COSTA, 2001, p.34).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

Desde a década de 1850, as habitações de interesse social passaram a ser trabalhadas com uma diferente visão em decorrência dos problemas com epidemias, como o último surto de cólera, em 1849. Na década de 1870, as associações de arquitetos, como o RIBA (*Royal Institute for British Architects*) e a AA (*Architectural Association*), cobraram soluções voltadas à resolução dos problemas de higiene e da forma da arquitetura.



Fonte: Bollerey (1991, p.152).

Figura 3.10- Falanstério de Godin, 1859-1885, França.

Nesse contexto, nos dois últimos anos do século XIX, surgiu a concepção das cidades jardins de Ebenezer Howard (1850-1928) e da cidade industrial de Tony Garnier.

Ambiente

Na primeira metade do século XIX, os edifícios industriais passaram a aproveitar melhor a iluminação lateral pela mudança da base geométrica, que passou a ser mais alongada e menos profunda, ou seja, retangular. Como resultado, houve uma melhoria da qualidade da iluminação do ambiente interior. Conforme já caracterizado, o edifício industrial, desde a sua criação, em meados do século XVIII, sempre incorporou ao programa construtivo as inovações tecnológicas conquistadas. No século XIX, a tendência continuou a mesma e, na segunda metade do período, o grande desenvolvimento conquistado pela arquitetura de prédios, como indústrias, estações de trens, estufas e pontes, passou a incorporar criativas e novas resoluções técnicas. Com as novas conquistas da indústria do vidro (o tamanho das placas e a resistência), o material passou a ser utilizado também no plano horizontal, como dispositivo de iluminação zenital, melhorando a qualidade de iluminação do ambiente interior. Costa (2001, p.35) afirma que é imprescindível abordar o efeito da invenção da lâmpada elétrica sobre os edifícios industriais, visto que revolucionou os padrões até então adotados para as dimensões das aberturas dos ambientes, possibilitando a conciliação de sistemas de luz natural e artificial.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

Nesse período começam a surgir, dado o empirismo já alcançado ao longo do tempo, padrões de iluminação, ventilação e acústica. Tanto é assim que, logo no início do século XX, em 1914, George M. Price publicou o livro *The modern factory*, onde aponta soluções de bom desempenho ambiental através de projetos industriais padronizados.

Estrutura

Segundo Silva (1987, p.30), já em 1801 o edifício da fiação Philips and Lee, em Manchester, exibia a sua estrutura de vigas e pilares metálicos preenchidos por tijolos. Foi o primeiro edifício materializado com esse sistema construtivo. Lippert (2004), relata que em 1811, em Londres, foi construído o primeiro edifício com estrutura, pilares e telhas metálicas, o Docklands, antiga fábrica de tabaco. Desde esse momento, as fábricas puderam ser completamente construídas em ferro.

A segunda metade do século XIX, conforme já caracterizado, mais precisamente entre 1870 e 1895, marcou a segunda Revolução Industrial (BENÉVOLO, 1994, p. 371), com a qual ocorreu o aumento do emprego do ferro e do vidro na construção civil. Nesse período consolidou-se a tipologia dos edifícios verticais através dos projetos da Escola de Chicago, pela substituição da gusa pelo ferro, pela invenção e fabricação dos primeiros elevadores elétricos, pela fabricação das mantas de impermeabilização de planos horizontais, das novas conquistas da indústria do vidro, como também pelo descobrimento e melhoramento do concreto. Costa (2001, p.35), afirma que outra inovação foi a apresentação do esqueleto estrutural na fachada do edifício. Mais do que eliminar a função estrutural das paredes e repassar o peso das lajes de piso para as vigas, o esqueleto estrutural começou a ser explorado como uma expressão formal do edifício. Os exemplos mais significativos desse período são a fábrica de chocolates Menier (1872), na qual o arquiteto Jules Saulnier usou uma estrutura metálica aparente, e a fábrica Charles Six (1895), localizada em Tourcoing, em que o arquiteto François Hennebique utilizou um esqueleto em concreto armado. Os edifícios industriais passaram a ter variadas configurações, relacionadas às necessidades das linhas de produção, verticais, horizontais, partidos compactos, decompostos, prédios com estruturas em ferro ou em concreto. A estrutura passou a ser utilizada também, em alguns casos, aparente. Esses aspectos estavam intimamente ligados com a não-aceitação dos arquitetos tradicionais das inovações tecnológicas, os quais, ainda, utilizavam os materiais empregados na arquitetura clássica, dentre eles a pedra. Nesse sentido, o uso do ferro e do concreto possibilitou composições completamente novas dos edifícios industriais, pela utilização de grades com coberturas planas, as quais estão agora elevadas sobre estruturas delgadas ou, ainda, grandes vãos com cortes transversais das mais variadas seções, e em alguns casos, apresentando formas extremamente trabalhadas.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

3.1.3 Século XX

Forma, função e estrutura – construção do caráter industrial

Segundo Costa (2001, p.37), essa complexa rede de soluções geométricas e técnicas, faz com que a partir do século XX, não seja mais apropriado falar em um tipo industrial, mas em classes de tipos industriais, consolidadas em torno de um caráter construído ao longo do século XIX. Portanto, a partir do século XX, além da investigação das classes tipológicas, ganha relevância o estudo do caráter industrial, que irá permear todas essas classes, dando identidade a esse programa arquitetônico. Comas (1989, p.99) apud Mahfuz (1996, p.98) afirma que de uma maneira simplificada, pode-se relacionar a noção de composição com a organização bidimensional e tridimensional de um edifício, ao passo que a noção de caráter está ligada ao seu conteúdo simbólico. Nesse sentido, a análise das partes que compõe o todo com o intuito de identificar o caráter do edifício industrial é um interessante método de explorar a arquitetura industrial do século XX. A experiência foi conduzida por Costa (2001) na sua dissertação de Mestrado intitulada *Evolução do edifício industrial em Caxias do Sul - 1880 a 1950*. Inicialmente, é apresentado o conceito de caráter, para que, posteriormente, possa ser caracterizado o desenvolvimento. Mahfuz (1996, p.99) afirma que no século XIX, a definição consistia, basicamente, na impressão da individualidade artística sobre os edifícios e/ou na expressão simbólica ou funcional do propósito para o qual o edifício era construído. Rowe (1976, p.66-67) apud Mahfuz (1996, p.99) alerta para o fato de que a presença de caráter era concebida, desde Quatèmère de Quincy, como decorrente de alguma particularidade evidente, ou seja, aquilo que fazia de um objeto algo único.

Nesse sentido, segundo Mahfuz (1996, p.100), o caráter de um edifício ou grupo de edifícios é resultante da combinação de fatores, ao mesmo tempo bidimensionais e tridimensionais, e de relação com o seu entorno. O autor classifica as diferentes formas de caracteres presentes na arquitetura: *imediate, genérico, essencial, programático e associativo*. O caráter imediato é definido pelo autor como aquele caracterizado pela técnica e materiais usados na construção de um edifício, permite diferenciar dois objetos com a mesma planta, mesmo volume, porém de materiais diferentes. O caráter genérico é determinado pelo partido e pelas suas relações entre os espaços internos, por um lado, e entre o edifício e o contexto, por outro. A diferença entre partidos com espaços fluidos ou truncados caracteriza diferentes concepções, e é reconhecida pelo caráter genérico de uma edificação.

O caráter essencial está associado ao conteúdo psicológico que a obra é capaz de suscitar como estranheza, infinitude, variedade, fantasia e serenidade. Aspectos como a monumentalidade e a sensação de limites são características que, através do caráter essencial, permitem diferenciar duas obras ou distintos espaços.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

O caráter programático relaciona-se à caracterização do programa do edifício pela utilização de elementos de arquitetura.

Aparece quando existe a presença de elementos de arquitetura que conduzem ao programa, chaminés, telhados... A segunda forma de expressão de caráter programático transforma elementos do programa em elementos expressivos como: escadas, elevadores,...). (MAHFUZ, 1996, p.101)

Conceitualmente o caráter associativo

é aquele que se baseia no emprego de elementos convencionais, mais ou menos literais, que visam efetuar uma transposição de caráter, ou seja, o novo ganha significado por associação com algo existente e valorizado por determinado grupo social. MAHFUZ (1996) apud COSTA (1999).

No início do século XX, havia um cenário de indefinição quanto ao rumo da arquitetura: por um lado, havia o *Art Nouveau*, caracterizado por várias denominações em diferentes países: na Alemanha – *Jugendstil*; na Áustria – *Sezessionstil*; na França - *Art Nouveau*; no EUA - *Liberty Style* e na Catalunha – Modernismo; por outro, o Futurismo Italiano de Sant’Elia. Nessa arquitetura gerada pelos preceitos do estilo *Art Nouveau*, observa-se uma refinada utilização do ferro como elemento de decoração e também estrutural. Nesse período, as cidades continuavam se modernizando. Paris, por exemplo, construiu o seu metrô, no qual a arquitetura *Art Nouveau* estava presente.

Em contrapartida, o movimento futurista de Sant’Elia, através da arte e da arquitetura, apresentava a necessidade de uma sociedade tecnicista, voltada ao desenvolvimento científico. Nessa nova organização de sociedade e cidade, utiliza-se o concreto armado como material do novo estilo. Projetos de prédios públicos monumentais faziam uso do concreto (Figura 2.5). O movimento futurista foi uma importante referência para a posterior arquitetura moderna. Ainda na primeira década do século XX, a criação da *Deutscher Werkbund* foi também um importante acontecimento na arquitetura. Importantes aspectos foram discutidos nesse período, como a questão da padronização da produção e o artesanato. No final da segunda década do século XX, surge a Bauhaus de Gropius, segundo Banham (2003, p.435), a partir da união de duas escolas de arte em Weimar, a Escola de Belas Artes e a Kunstgewerbe. A Bauhaus foi muito importante na consolidação do movimento moderno nas décadas de 1930 e 1940. Relata Banham (p.455), que a libertação do determinismo formal encontra-se na história da própria Bauhaus e na revolução estética que se manifestou em 1923. O movimento moderno iniciou oficialmente pela materialização do edifício da fábrica Fagus, cujo projeto é de autoria de Walter Gropius. Nesse período, ainda existiam duas correntes de pensamentos que podem ser caracterizadas com base na análise dos projetos dos edifícios industriais de Walter Gropius, fábrica Fagus, e Peter Behrens, fábrica da AEG. Através da comparação de uma parte construída das duas fábricas, como um encontro de duas paredes, por exemplo, é possível identificar as duas tendências na arquitetura do começo do século, uma voltada à modernidade e a outra não negando os novos tempos, porém voltada ainda à arquitetura clássica (Figuras 3.11, 3.12).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	



Fonte: Lippert (2004, p.78).

Figuras 3.11 e 3.12 - Fábricas Fagus e AEG, projetos de Gropius e Behrens, 1910-1914, 1910-1911.

A iluminação zenital em toda a cobertura, a estrutura metálica e a utilização de vidros nos planos verticais da fábrica da AEG demonstram que Behrens utilizou os recursos tecnológicos disponíveis na sua proposta, porém a pele exterior, com uma roupagem, ainda, com resquícios clássicos, foi caracterizada por uma envolvente pesada.

A fábrica Fagus, de Gropius, apresentava uma envolvente leve, materializada por grande quantidade de vidro. No projeto, Gropius desintegra o canto pela utilização do vidro, mostrando os avanços tecnológicos conquistados pelos novos materiais e possibilidades técnicas. A Tabela II.3 apresenta um quadro comparativo das duas tendências da arquitetura industrial do início do século XX. A arquitetura industrial de Behrens estava intimamente relacionada às aspirações de uma sociedade industrializada, tema fortemente enfatizado pelos pintores e arquitetos do Futurismo de Sant'Elia. Lippert (2004, p.80) afirma que a arquitetura de Behrens caracteriza uma nova forma de classicismo - um prédio internamente sofisticado com uma velha roupagem e compara os projetos das fábricas de cunho clássico do início do século com templos egípcios, em se tratando da dimensão formal.

Tabela III.1 – Comparação do canto das fábricas Fagus, Gropius e da AEG, Behrens.

Fagus, Gropius	AEG, Behrens
<i>Material do canto - vidro</i>	<i>Material do canto – pedra</i>
<i>Canto vertical</i>	<i>Canto inclinado</i>
<i>Pilares internos e revestimento em vidro</i>	<i>Estrutura em aço revestida – característica visual - pedra</i>
<i>Telhado plano</i>	<i>Telhado curvo e platibanda</i>

Ainda Lippert (2004, p.86) relata que a arquitetura industrial, identificada pela monumentalidade, revestida por essa roupagem clássica estilizada, foi produzida até a década de 1940. Algumas características dessa arquitetura eram a monumentalidade, ausência de ornamentos e, em alguns casos, similaridades com templos egípcios. A arquitetura industrial das primeiras décadas do século XX, apesar de possuir duas correntes distintas, em se tratando da dimensão formal, uma voltada para o tecnicismo moderno, e outra para tradição clássica, foi

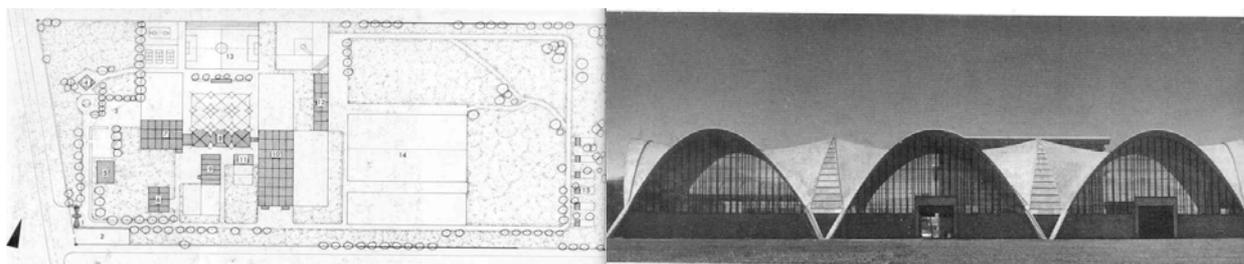
1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

apresentada na sua essência pela utilização dos materiais como o vidro, o concreto armado, muito trabalhado pelos projetos dos expressionistas Rudolph Stainer e Erich Mendelsohn e desenvolvido principalmente pelo francês Auguste Perret.

Banham (2003, p.72) afirma que, no início do século XX, houve a substituição de vigas de madeira nas construções remanescentes, por vigas de concreto. Perret, através do projeto da Garage Phonthieu, em 1905, caracterizou a primeira tentativa de utilização de um concreto estético. Ainda no âmbito da dimensão tecnológica da projetualidade dos edifícios industriais, Costa (2001, p.42) afirma que além do aço, concreto e vidro, ocorreram também experiências significativas com o uso do tijolo. Apesar de as manifestações futuristas se oporem ao seu uso, o tijolo sempre foi um material intimamente relacionado com o caráter industrial, pois era empregado com frequência nas fábricas inglesas do século XIX, ou seja, no berço da industrialização. Durante a fase de consolidação e desenvolvimento do movimento moderno, na década de 30, ocorreram na arquitetura industrial as primeiras experiências de padronização, através da organização da construção em série, e as primeiras edificações com pré-moldados. Em 1926, segundo Lippert (2004, p.134), Ernst May utilizou no projeto de um conjunto habitacional as paredes semiprontas como parte da construção das unidades. O sistema Domino de Le Corbusier, em 1922, foi uma tentativa de padronizar a construção.

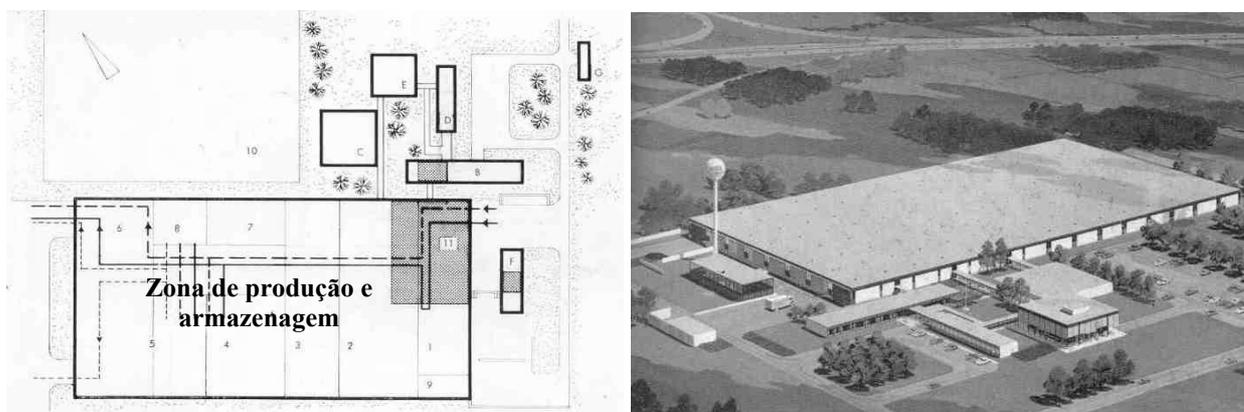
Após a Segunda Guerra Mundial, na década de 1950, houve um esforço na Europa no sentido de reconstrução. A carência de moradias era muito grande e, nesse período, a necessidade de construções rápidas fez surgir novas possibilidades construtivas, consolidando a utilização de sistemas pré-moldados e a padronização dos canteiros de obras, o que se tornou também uma atividade presente na arquitetura industrial. O elevado grau de desenvolvimento dos sistemas estruturais na década de 1950, conjuntamente com os avanços tecnológicos nos sistemas de produções, levou a que os partidos, a partir de então, passassem a ser com maior intensidade horizontais. Obviamente, o partido continuava diretamente ligado às necessidades de produção, caracterizando, segundo Frascari (1995, p.63) apud Mahfuz (1995, p.120), organizações, no que tange aos preceitos de geração funcional vinculadas aos princípios imediatos. Na década de 1960, houve um grande desenvolvimento dos sistemas de climatização de ambientes, possibilitando que grandes partes de áreas de produção pudessem ser climatizadas artificialmente. Essa nova possibilidade gerou uma nova configuração formal para os edifícios industriais, a qual pode ser caracterizada por uma independência do seu contexto exterior através das envolventes opacas. A indústria, no geral, era uma composição aditiva, formada por partes setorizadas e organizadas no terreno de maneira clara: a administração, as áreas de produção e armazenamento juntas, e a área de atividades sociais. As áreas de produção e de armazenamento configuravam partidos ora compactos, ora decompostos (Figuras 3.15 e 3.16).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	



Fonte: Henn (1966, p.131).

Figura 3.13- Indústrias da década de 1960, Fábrica de Rolamento, Peen, EUA, Filadélfia, Carol Grisdale e Van Alen, área de produção e armazenagem compacta.



Fonte: Adaptado de Henn (1966, p.46).

Figura 3.14- Indústrias da década de 1960, Fábrica de Bebidas, México, Félix Candela, área de produção e armazenagem decomposta.

Os avanços tecnológicos continuavam a ser caracterizados pelas rápidas mudanças, cobrando dos arquitetos que se ocupavam com a produção de edifícios industriais uma grande flexibilidade do programa, como também possibilidades de alterações das linhas de produção com ampliações. A partir da década de 1980, com a massificação da utilização da informática começou a haver progressivamente uma maior participação da robótica nas linhas de produção. Essas modificações trouxeram alterações nos arranjos das linhas de produção, como também na envolvente da edificação. Os efeitos criados por esses novos desafios são mais bem caracterizados na análise do ambiente das edificações industriais do século XX. Em termos da dimensão tecnológica da projetualidade dos edifícios industriais, novos sistemas de revestimentos para grandes planos horizontais e verticais foram criados. Na arquitetura industrial, os fechamentos metálicos sanduíches passaram a ser amplamente utilizados; internamente, o gesso acartonado, entre outros sistemas de fechamento leves de excelente desempenho térmico-acústico, foi criado e passou a ser amplamente utilizado. A arquitetura industrial da década de 1980 passou também por uma outra mudança no que tange à dimensão formal, a qual pode ser caracterizada por um reforço da imagem da indústria através da valorização da forma dos edifícios. Segundo Zeccheto (1998, p.19), a dimensão formal da arquitetura industrial praticada na atualidade configura-se por dois extremos no tocante à

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

estruturação da conceituação: por um lado, a forma é condicionada pela “indústria” e determinada de maneira deficitária pela “arquitetura”; por outro, é caracterizada como o edifício vinculado à lógica e à totalidade das “operações arquitetônicas”.

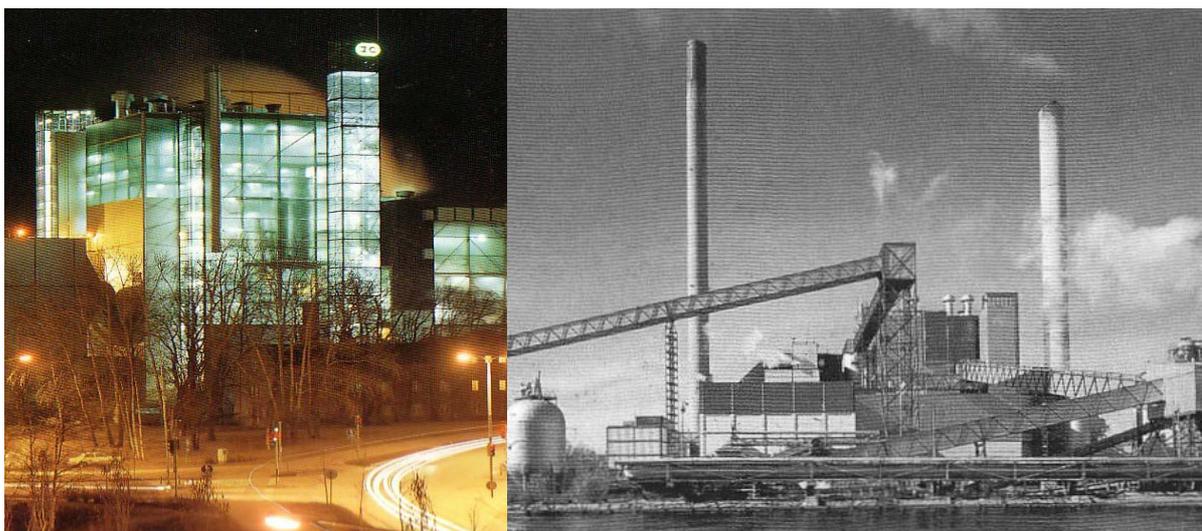
CARÁTER IMEDIATO

O caráter imediato, segundo Mahfuz (1996, p.100), é aquele definido pela técnica e pelos materiais utilizados na construção de um edifício. Considerando que a projetualidade dos edifícios industriais, desde a sua origem, foi marcada pela incorporação das inovações tecnológicas, o caráter imediato da tipologia é marcado por materiais ligados às inovações conquistadas pela técnica da construção ao longo dos séculos XIX e XX. Materiais como o concreto, o aço e as grandes coberturas metálicas, são elementos sempre presentes nas construções industriais contemporâneas. Ainda o tijolo, muito utilizado na arquitetura industrial inglesa, dos séculos XIX e início do XX, também faz parte desse rol que define o caráter, apesar de não ser constantemente utilizado na construção e materialização de fábricas. O vidro volta também a integrar o rol dos materiais que identificam o caráter imediato das edificações industriais. As novas estratégias de consolidação das marcas de produtos, a partir da exposição, ou do produto ou da linha de produção, caracterizam um “novo antigo” caráter do edifício industrial (Figura 3.15).

CARÁTER GENÉRICO

Mahfuz (1996, p.100) assinala que o caráter genérico é determinado pelo partido e pelas suas relações entre os espaços internos, por um lado, e entre o edifício e o contexto, por outro. Considerando a nova tendência da retomada da utilização dos fechamentos transparentes no plano vertical das edificações industriais, observa-se uma “nova antiga” forma de relacionamento com o ambiente exterior, a qual é fruto das novas estratégias de interação com o cliente potencial, no sentido da apresentação do produto ou da segurança e desenvolvimento tecnológico da sua confecção. Essa nova estratégia de permeabilidade das indústrias vincula-se diretamente à tendência de incorporar novamente o edifício à paisagem da cidade. A Figura 3.17 apresenta uma usina de energia a carvão. No prédio de produção, é possível verificar os fechamentos laterais envidraçados, caracterizando a estratégia de interação. Essa configuração é totalmente contrária ao edifício de produção com a envolvente opaca, forma comum de envolver o prédio desde a década de 1960 até os dias atuais. Outro importante aspecto da permeabilidade do edifício vincula-se à iluminação zenital, possibilitando que as edificações industriais do século XX pudessem comunicar-se com o ambiente exterior e conferindo-lhes limitada permeabilidade.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	



Fonte: Schulitz (1992, p.69).

Figura 3.15- Usina de carvão Enso Gutzeit, Varkaus, projeto do arquiteto finlandês Erkki Kairamo, 1990.

Com relação à organização do espaço interior, observa-se que as indústrias tradicionais, a partir da década de 1950, caracterizaram-se por partidos decompostos, fruto da composição aditiva do modernismo, enquanto configuração geral do sítio industrial. Se o foco estivesse centrado no edifício industrial em si, a composição passaria a ser compacta, geralmente um volume prismático retangular, no qual a planta livre é o objetivo comum das propostas de organização da função. Esse zoneamento do edifício industrial já na década de 1930 estava presente em algumas indústrias modernas, mas afirmou-se depois do final da Segunda Guerra Mundial, no segundo quarto da década de 1940. Essa divisão da indústria era caracterizada pelo seguinte zoneamento: produção, armazenamento, social e administrativo. Normalmente, a planta industrial é identificada também por espaço fluidos, ou seja, poucas divisórias interiores, configurando grandes espaços internos, marcados ou pela linha de produção ou por uma indicação de zoneamento no plano horizontal, geralmente no chão. A planta livre, portanto, é uma característica presente no projeto das plantas industriais. Ainda no âmbito do espaço interior da tipologia, o pé-direito elevado, muito comum nas zonas de produção e armazenamento, desde o século passado, determina também o caráter genérico das construções industriais.

CARÁTER ESSENCIAL

Segundo Mahfuz (1996, p.100), o caráter essencial está associado ao conteúdo psicológico que a obra é capaz de suscitar. A arquitetura industrial do século XX, desde o início do período, esteve relacionada à monumentalidade. As duas correntes apresentadas no trabalho, lideradas por Behrens e Gropius já buscavam tal conceito como objetivo de suas obras. Esse objetivo foi sendo alterado com o passar do tempo, mas não o meio utilizado para a geração da monumentalidade, ou seja, no início do século a arquitetura buscava atingir tal

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

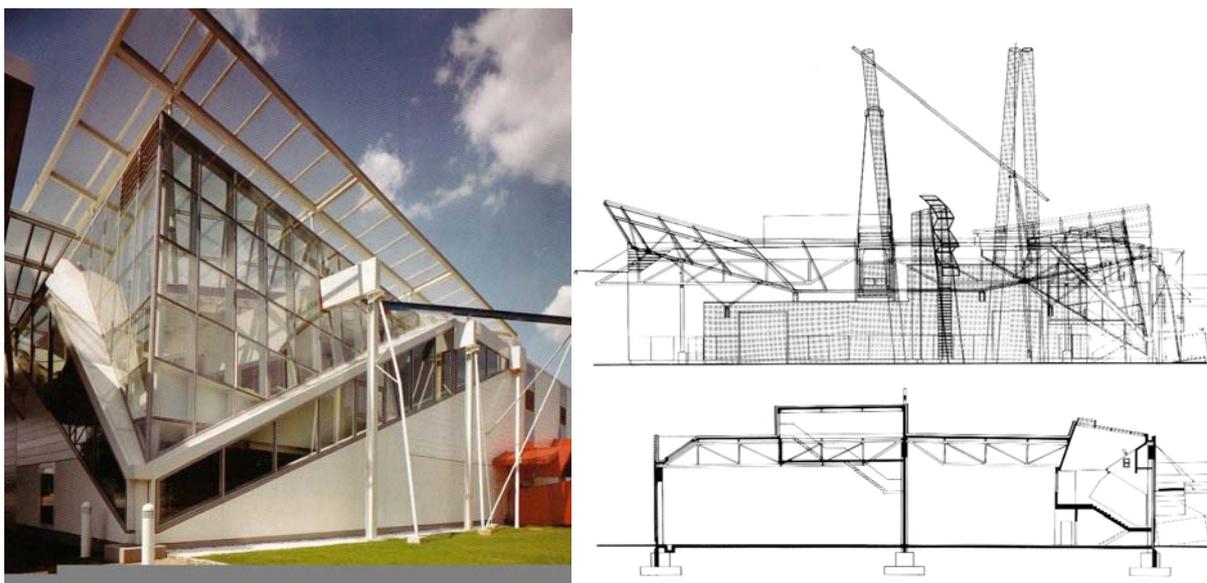
objetivo em decorrência da nova aspiração de uma realidade tecnicista, vinculada ao desenvolvimento tecnológico, e como forma de reforçar a imagem da indústria perante a sociedade. No final do século XX a monumentalidade conquistada através da vinculação da forma à imagem da indústria relacionava-se puramente à publicidade, ao *marketing* industrial. Essa retomada do conceito vincula-se também à utilização do edifício industrial como obra de arte, ou seja, na valorização da dimensão formal na projetualidade, (Figura 3.16). Nesse sentido é apresentado o projeto da usina Funder III desenvolvido pelo escritório de arquitetura COOP Himmelblau Wolf em Viena, no qual se observa uma resolução formal movimentada caracterizada pelo recorte não regular do plano vertical opaco através do plano vertical transparente; chaminés inclinadas e tirantes de aço contribuem para a lúdica composição final da forma da usina. As características formais da indústria denotam um projeto de estilo deconstrutivista.

CARÁTER PROGRAMÁTICO

Segundo Mahfuz (1996, p.100), o caráter programático relaciona-se à caracterização do programa do edifício pela utilização de elementos de arquitetura. Durante o século XX, vários elementos de arquitetura foram segmentando a arquitetura industrial. A chaminé, por exemplo, presente desde as primeiras indústrias do século XVIII, é um elemento de arquitetura que faz parte do programa de algumas edificações na atualidade, como usinas de carvão, hidrelétricas, fábricas de produtos químicos, entre outras, caracterizando tal tipologia. As Figuras 3.15 e 3.16 ilustram o elemento de arquitetura em dois projetos de usinas de força. Os *sheds*, largamente utilizados a partir da década de 1950 também passaram a integrar o rol de elementos de arquitetura que identificam o tipo industrial. Os avanços da tecnologia permitiram a melhoria da qualidade dos sistemas de iluminação zenital, como também uma sensível redução nos custos. Nesse sentido, além do *shed*, que pode ser definido como o sistema de iluminação zenital mais conhecido, outros elementos de arquitetura que possibilitam a iluminação do ambiente interior através do plano horizontal reforçam o caráter dos edifícios industriais, ou seja, elementos de arquitetura de iluminação zenital também caracterizam o caráter programático da referida tipologia.

A arquitetura modular também é uma característica marcante dos edifícios industriais, e a repetição de elementos opacos na envolvente vertical dos prédios de produção e armazenamento reforça a presença do edifício.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	



Fonte: Schulitz (1992, p.114).

Figura 3.16- Central de energia, Viena, projeto do escritório COOP Himmelblau Wolf D. Prix, 1988-89.

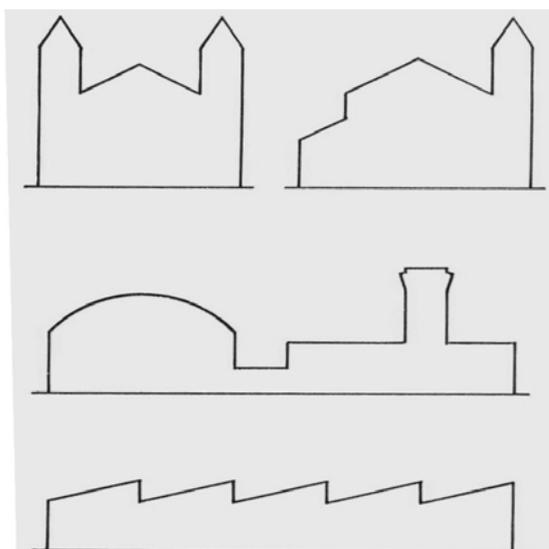
CARÁTER ASSOCIATIVO

Segundo Mahfuz (1996, p.100), o caráter associativo baseia-se no emprego de elementos convencionais, mais ou menos literais, que visam a uma transposição de caráter, ou seja, o novo ganha significado por associação com algo existente e valorizado por determinado grupo social. Nesse sentido, na arquitetura do século XX algumas configurações formais foram apropriadas pelas pessoas como organizações de edifícios industriais.

A silhueta do *shed* no fundo da paisagem, como exemplifica Silva (1999, p.15) (Figura 3.17), ou a mesma silhueta associada a uma chaminé são formas apropriadas pelas pessoas, pela mídia, como caracterização simbólica de uma indústria. Em decorrência do zoneamento moderno, os distritos industriais passaram a ser caracterizados, muitas vezes, por indústrias isoladas num grande terreno, geralmente numa área afastada da cidade. Essa leitura de edificação de grande dimensões, normalmente horizontal, isolada no terreno, passou também a caracterizar, através de associações, a idéia de edifícios industriais.

Ainda em se tratando de caráter associativo, as grandes coberturas, característica muito comum das edificações industriais a partir da década de 1950, passaram também a identificar a indústria através da associação da forma.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	



Fonte: Silva (1985, p.15)

Figura 3.17- Caráter associativo da silhueta das edificações.

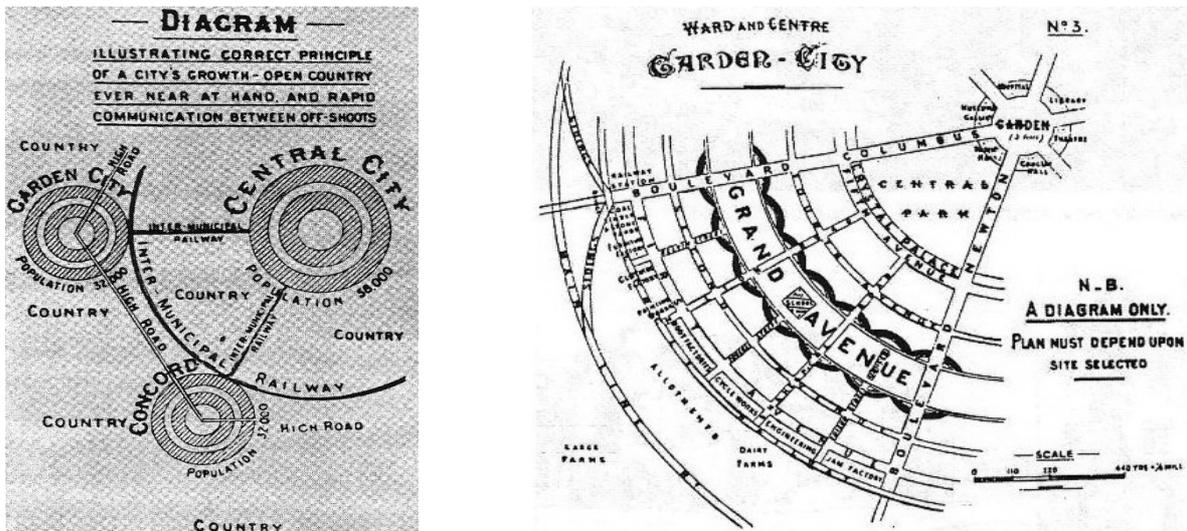
Entorno

Décadas de 10 e 20 – cidades jardins

Segundo Lippert (2004, p.25), em 1898, o arquiteto e funcionário público Ebenezer Howard (1850-1928) projetou uma cidade descentralizada, objetivando melhorar a qualidade de vida das pessoas a partir do afastamento do centro urbanizado e buscando uma maximização das áreas verdes através das cidades-jardins. Na cidade central, Howard previu uma população de 58.000 habitantes; em torno dessa foram projetadas urbanizações menores, com 32.000 moradores, nas quais estavam presentes as cidades jardins (Figura 3.18). A cidade era concêntrica, projetada em diferentes anéis; nos centrais estavam os serviços e as atividades culturais; posteriormente, seriam implantadas as habitações e, por último, as indústrias, nas periferias. As cidades tornaram-se independentes do carvão a partir da utilização da energia elétrica.

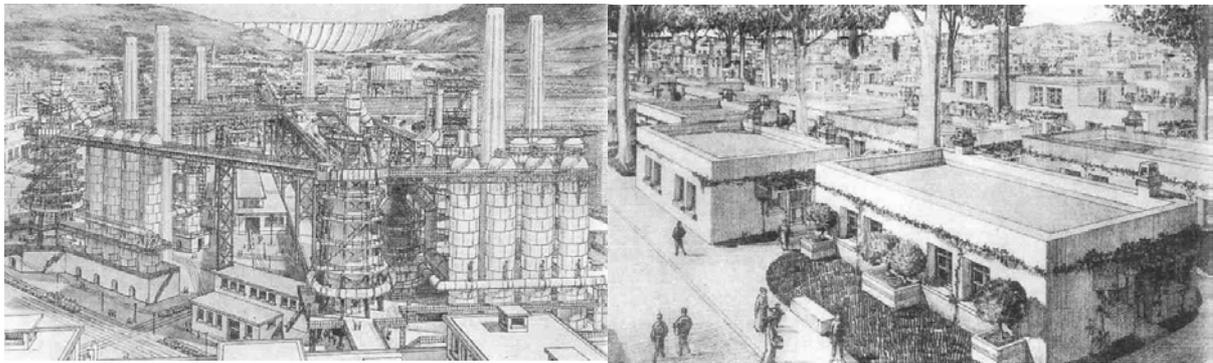
Posteriormente à experiência de Howard, um importante trabalho a ser destacado foi o projeto do jovem arquiteto Tony Garnier, o qual, segundo Busse (2000, p.37), apresentou em 1904 a sua cidade industrial. A cidade foi projetada para 35.000 moradores, com uma resolução radical para o seu tempo, em decorrência, inicialmente, da sua intenção de encontrar uma expressão própria a partir do uso do concreto armado. O trabalho foi muito importante também em decorrência da forma escolhida para as unidades residenciais, edificações prismáticas, simples, desprovidas de adornos e com a presença de coberturas planas. (Figura 3.19).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	



Fonte: Lippert (2004, p.26).

Figura 3.18- Cidade descentralizada e jardim de Howard, 1898.



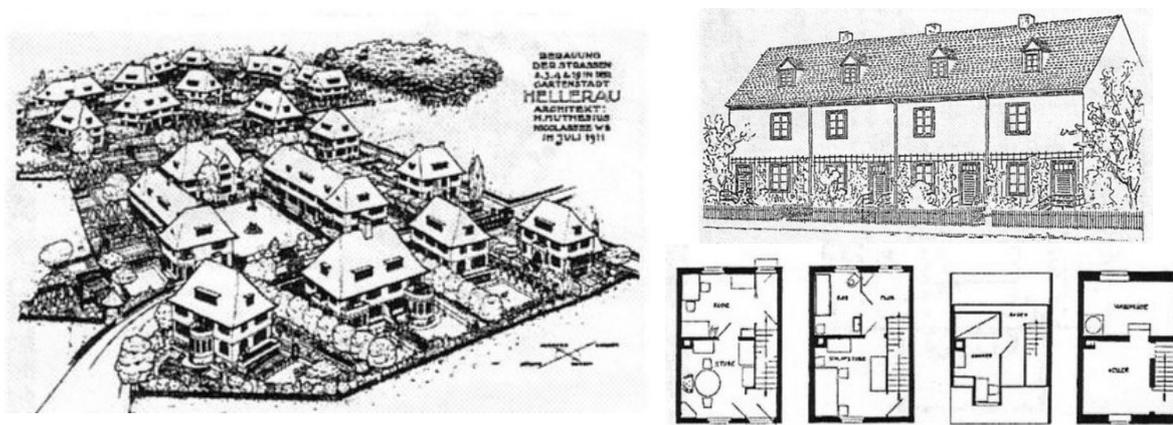
Fonte: Busse (2000, p.38)

Figura 3.19- Cidade industrial de Tony Garnier, 1904.

A partir da experiência de Howard, várias cidades-jardins foram executadas com êxito na Alemanha, na Inglaterra e nos Estados Unidos entre outros locais. Essas não possuíam a mesma configuração de Howard, porém mantinham a idéia da descentralização do crescimento através de áreas arborizadas com infra-estrutura para serviços e cultura próprias, como é o caso da cidade-jardim de Hellerau (Figuras 3.20 e 3.21). O projeto foi de autoria de Richard Riemerschmid, em 1911. Na cidade-jardim de Hellerau é possível encontrar um prédio de atividades comunitárias, caracterizado como *Festspielhaus*, casa de teatro e centro cultural. Na urbanização estava presente também uma indústria, *Deutsche Werkstätten*, ou Oficina Alemã. Na cidade-jardim de Hellerau existiam ainda, uma escola e um centro comercial; as áreas residenciais foram caracterizadas por dois loteamentos, projetados pelos arquitetos Hermann Muthesius e Heinrich Tassenow.

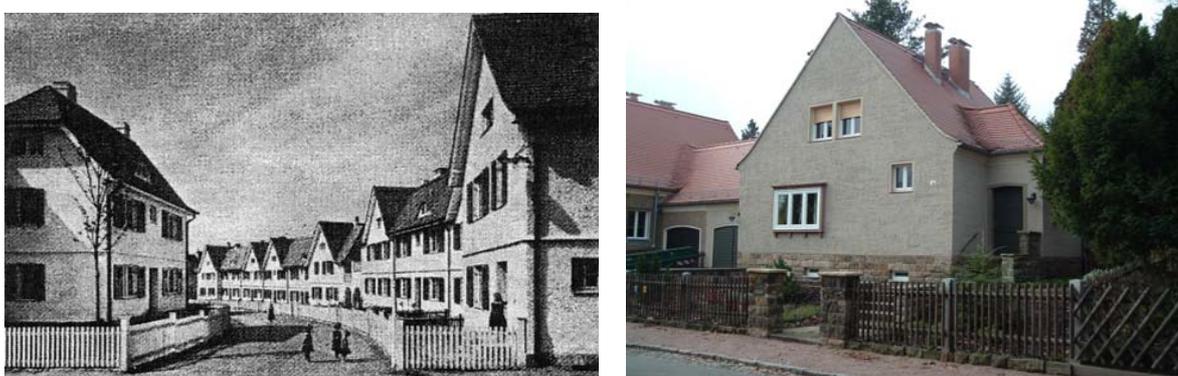
As casas eram de dois andares, com aproveitamento do espaço sob o telhado e porão, caracterizando o máximo de utilização possível. São pequenas residências com dois dormitórios, sala de jantar e estar, cozinha, área de serviço no porão e depósito.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	



Fonte: Lippert (2004, p.37)

Figura 3.20- Cidade-jardim de Hellerau, Dresden, Richard Riemerschmid, 1911.



Fonte: Lippert (2004, p.37)

Figura 3.21- Cidade-jardim de Hellerau, Dresden, Projeto das residências, Hermann Muthesius, 1911.

A partir da década de 30

A partir da década de 30, os projetos de urbanização de novos bairros, ou até mesmo cidades, organizaram as indústrias em parques ou distritos. Com a massificação dos meios públicos de transporte, os problemas das maiores distâncias geradas pela setorização das partes da cidade foram superados. O projeto *Ville Radieuse*, de Le Corbusier e Pierre Jeanneret, consolidou as idéias do autor já apresentadas no projeto da *Ville Contemporaine* em 1922, firmando, portanto, a nova visão da cidade zoneada modernista do século XX.

A partir da década de 90

As mudanças ocorridas no pensamento filosófico na década de 90, como também os novos conceitos da estética voltada ao significado, à mensagem da obra, geraram uma variedade de estilos e produções de arquitetura. Pahl (1999, p.315) relaciona a beleza do edifício à sua verdade, que nada mais é do que a sua mensagem interior. Quando uma construção possibilita o reconhecimento da sua verdade, quando gera uma idéia própria, um conteúdo natural, o qual pode ser decodificado e identificado como um possível pedaço da

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

verdade interna do nosso mundo e sentimento de vida, torna-se essa mensagem reconhecível pelo usuário e a construção transmite o seu “brilho”, fazendo perceber, portanto, a sua “beleza”. Esse novo conceito de estética, voltado à mensagem do edifício, ou *estética da propaganda*, gerou uma transformação na forma das edificações de grandes vãos, como aeroportos, *shopping centers*, entre outros. Essa nova onda de prédios de grandes vãos com valorização da dimensão formal e tecnológica, a partir das décadas de 1980 e 1990, alcançou também os edifícios industriais, levando a que passassem a aparecer de forma mais expressiva no âmbito da cidade, tanto no âmbito dos distritos industriais, como no tecido urbano de maior densidade. Duas causas contribuíram também para a nova valorização dos edifícios: uma de cunho funcional, pois atualmente um grande número de indústrias não poluem mais o meio ambiente, em decorrência das novas tecnologias solicitadas pela nova dimensão da consciência ambiental atual, como também pela maior cobrança das instituições governamentais. Isso faz com que o impacto das indústrias na paisagem natural seja menos problemático. A segunda refere-se à arquitetura como dimensão artística, visto que, nas últimas décadas, houve uma progressiva atenção à arquitetura dos espaços de produção, com a valorização, principalmente, das dimensões formal e tecnológica. Essa valorização está diretamente ligada aos novos conceitos de marketing das novas indústrias de ponta, segundo os quais uma estética da publicidade é empregada como princípio estruturador básico de muitas propostas arquitetônicas, como é o caso da Volkswagem na Alemanha, no projeto de sua fábrica em Dresden.

A relação da cidade com as indústrias, a partir da década de 1990, é caracterizada por duas correntes, as quais se relacionam diretamente ao potencial de geração de poluição da indústria para o ambiente, como também pelas estratégias de marketing. Os prédios industriais localizados no interior das cidades são projetados, geralmente, com ênfase nos aspectos funcionais e formais, ao passo que os presentes nos distritos industriais têm como característica principal uma maior valorização da dimensão funcional no desenvolvimento dos projetos.

Ambiente

A evolução da indústria do vidro, na, segunda metade do século XIX, gerou, indiretamente, a conquista da iluminação zenital. No início do século XX, aumentou a utilização dos sistemas de iluminação zenital, com o desenvolvimento das soluções técnicas de ganhos de luz através do telhado. A iluminação vertical continuou sendo aproveitada através das esquadrias. Com a consolidação da tipologia modernista, na segunda década do século XX, aumentou a utilização dos planos verticais envidraçados, porém as áreas de produção, em alguns casos, eram protegidas em decorrência dos problemas causados pela radiação solar direta. Áreas de escritórios, circulações e áreas de uso comum esbanjavam a utilização de planos envidraçados (Figura 3.22). Em muitos casos, os edifícios industriais tinham sérios problemas no período de verão em decorrência dos grandes planos envidraçados.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	



Fonte: Lippert (2004, p.37).

Figura 3.22- Fábrica Fagus, Walter Gropius, 1910-1914.

No início do século, até a metade da segunda década, conforme já apresentado, existiam duas correntes de arquitetura industrial: uma vinculada à nova imagem moderna da arquitetura, representada pelo trabalho de Gropius, e outra com uma vestimenta antiga, representada por Peter Behrens. A corrente de Behrens utilizava a iluminação através das esquadrias laterais do plano vertical, já que o edifício industrial, apesar de possuir um interior moderno e diretamente ligado às necessidades de produção, possuía uma roupagem clássica simplificada.

Nesse período, apesar de o ar condicionado já ter sido inventado, o seu uso era restrito e o chão de fábrica era climatizado utilizando as variáveis naturais, vento e radiação solar.

Em parte das décadas de 1930 e 1940, a indústria estava voltada às necessidades de guerra, não havendo uma preocupação com a qualidade do edifício industrial como obra de arte, e, sim, em servir às necessidades originadas pelo conflito. A década de 1950 foi marcada pela reconstrução da Europa, quando, então, a indústria da construção civil apresentou um grande avanço, principalmente com os pré-moldados. Esses avanços geraram novas tecnologias direcionadas para a arquitetura industrial. No período, as indústrias estavam setorizadas, caracterizando muitas vezes um partido decomposto por adição, no qual a produção e o armazenamento pertenciam a um volume construtivo e a administração configurava um prédio próprio. Mais uma vez houve uma tendência de um partido horizontal, de grandes vãos, com coberturas e estruturas em concreto armado ou metálicas. Os edifícios eram iluminados principalmente pelo plano horizontal; o telhado desempenhava um papel de ventilação e iluminação. O plano vertical já não proporcionava tanta luz ao ambiente interior em decorrência da relação plano vertical-horizontal ser bem menor.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

Ambiente a partir de 1960

A partir do desenvolvimento dos sistemas de ar condicionado, como também do aparecimento e crescimento das novas indústrias de medicamentos, química, aeronáutica, entre outras, começou a ser climatizada artificialmente grande parte das indústrias. Essa nova tendência levou ao desenvolvimento de uma nova forma de abordagem da interação do edifício com o clima, ou seja, a independência do contexto climático exterior gerou a envolvente com “menor permeabilidade” do edifício industrial. O edifício voltou-se, então, ainda mais para o espaço interior.

Desde a década de 1970, com as duas crises do petróleo, desenvolveu-se a utilização das energias renováveis. No âmbito da arquitetura industrial, as modificações com essa nova tendência vincularam-se de maneira direta à indústria de geração de energia. Desde o final da década de 1970 e início da de 1980, com o aparecimento da indústria da informática, consolidou-se a tendência da independência de um setor especial dos edifícios ao contexto climático exterior, gerando, posteriormente, o conceito *box in box*, presente na projetualidade dos edifícios industriais na atualidade.

Segundo Valle (1975), a total ausência de poeira e de luz em algumas seções de uma indústria de papéis fotográficos, o controle de temperatura numa indústria mecânica de alta precisão e a pureza do ar em indústrias farmacêuticas e alimentícias são alguns fatores exclusivamente técnicos que se sobrepõem ao conforto que deve ser oferecido pelo ambiente aos operadores da instalação. Com a inovação tecnológica como um fator presente no dia-a-dia das indústrias, aliada ao fato de a robótica estar substituindo gradativamente o homem no “chão de fábrica”, algumas indústrias, como a automobilística, começaram a empregar conceitos completamente diferenciados no que tange às características da envolvente, essencialmente com mão-de-obra operária. Os ambientes interiores são, em alguns casos, caracterizados por controle de temperatura e umidade rigorosos, com níveis de iluminação menos intensos.

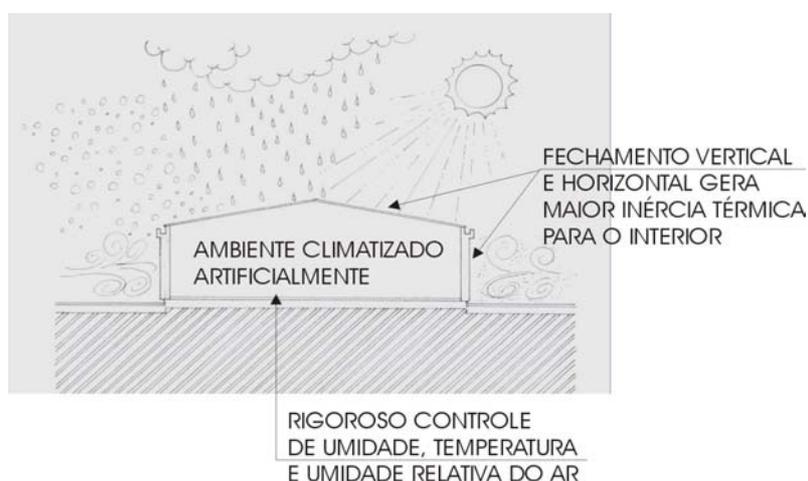
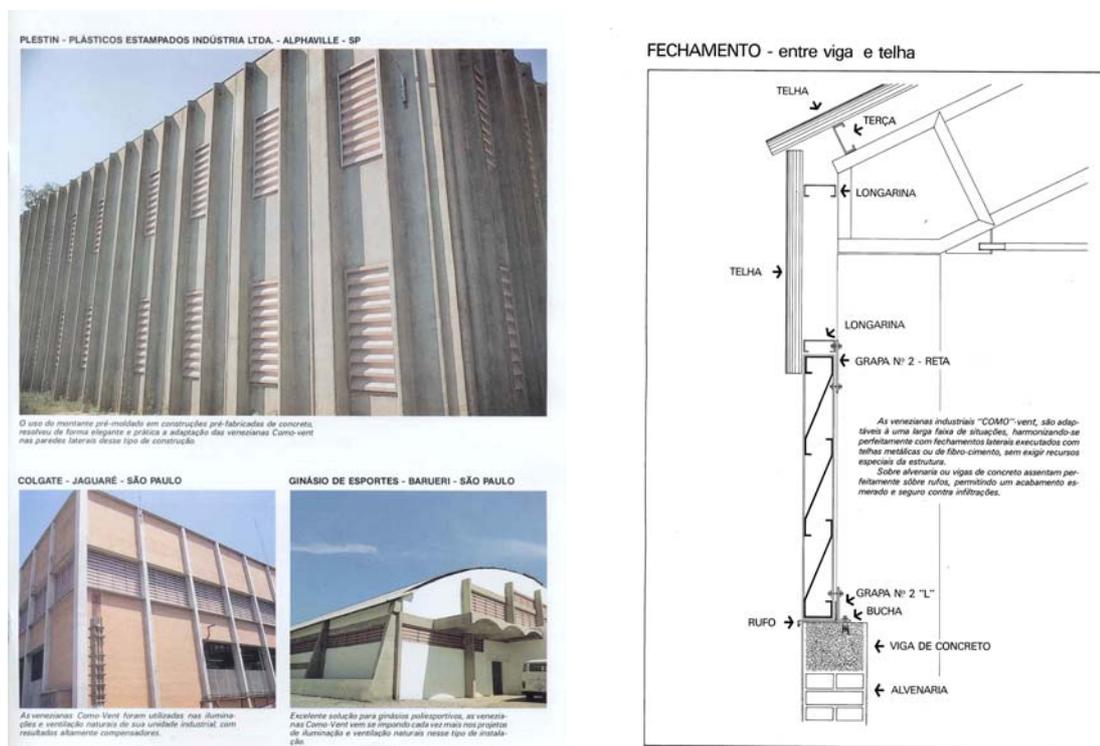


Figura 3.23-Indústrias com ambiência interior controlada rigorosamente.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

Esses novos conceitos ambientais, caracterizados por diferentes necessidades da indústria, estão mudando drasticamente as estratégias de trabalhar com a envoltória da edificação. Nessa nova tendência, os fechamentos verticais e horizontais são selados, lacrados e devem proporcionar estanqueidade ao ambiente (Figura 3.23). A iluminação é controlada, tendo como estratégia o uso da luz artificial, com limites de reprodução, temperatura de cor e de fluxo luminoso. Nesses casos, a cobertura industrial passa a desempenhar um simples papel de proporcionar estanqueidade ao ambiente interior, deixando de ser um elemento ativo no controle da ambiência interna; sua função passa a ser de isolamento térmico. Dependendo também do tipo de processo industrial e de equipamento existente no interior das áreas de produção, a cobertura pode cumprir várias funções, todas voltadas à otimização da ambiência interior. Grande parte das coberturas industriais proporciona ao ambiente interior radiação solar difusa através de sistemas de fechamentos horizontais com iluminação zenital, devidamente protegidos contra a luz direta, os quais proporcionam a renovação do ar interior por intermédio de sistemas de ventilação natural e/ou artificial incorporados nos dispositivos de iluminação. Além das coberturas, um segundo elemento na arquitetura industrial responsável pelo microclima dos espaços interiores é o fechamento vertical, que pode estar funcionando, simultaneamente com a cobertura, como elemento de entrada e saída de ar e, algumas vezes, como elemento estanque, que ajuda manter a temperatura do ar interior constante a partir de baixas transmitâncias térmicas.



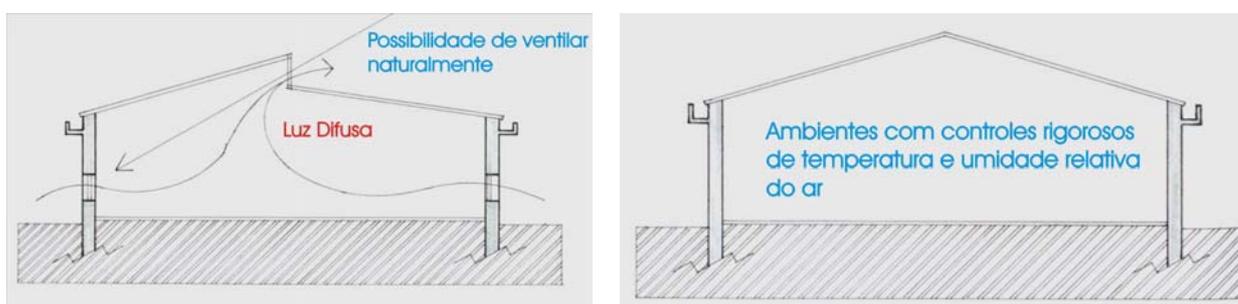
Fonte: Comovent, Venezianas Industriais – Catálogo Técnico.

Figuras 3.24 e 3.25 – Sistemas de ventilação industrial – coberturas/paredes.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

Alguns sistemas de ventilação natural já são encontrados no mercado, como o caso dos sistemas *Como-vent/Robert's e Perkron* (Figuras 3.24 e 3.25).

As figuras 3.26 e 3.27 caracterizam as duas estratégias atualmente utilizadas pelas tipologias industriais, quanto à função desempenhada pelos planos vertical e horizontal (coberturas e paredes). A Figura 3.27 identifica as envolventes como elementos de controle e manutenção da ambiência interna, em razão da necessidade de rigoroso controle microclimático. A Figura 3.26 identifica as envolventes como elementos de apoio à climatização natural dos ambientes interiores.



Figuras 3.26 e 3.27 – Características das envolventes da tipologia industrial.

O projeto apresentado a seguir caracteriza o novo conceito *box in box*. A fábrica Jostra AG é fabricante de produtos de ponta para cirurgias do coração, e o projeto é do escritório de arquitetura BDA Generalplaner, da cidade de Openheim, na Alemanha. Em termos de conceituação da proposta, são apresentados no projeto da indústria dois conceitos principais como elementos de articulação e organização dos espaços internos e/com os externos. O primeiro princípio estruturador da proposta é a “ampliação segura”, caracterizada a partir da possibilidade da expansão em diferentes direções em decorrência de uma planta flexível. Os arquitetos afirmam que procuram integrar-se à paisagem com base na escolha das cores e materiais da edificação.

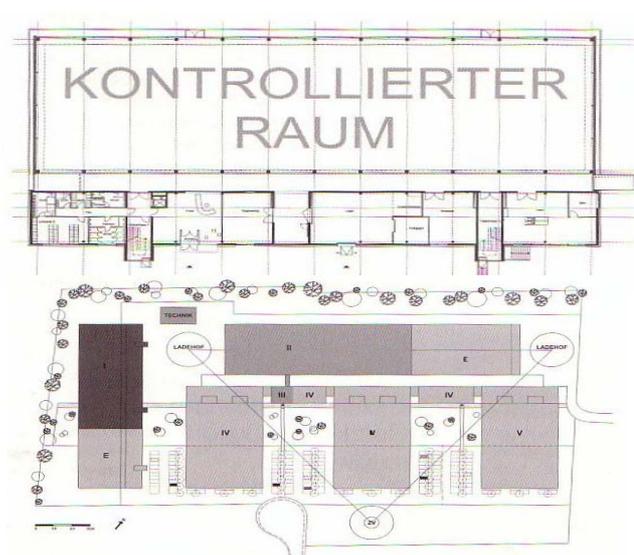
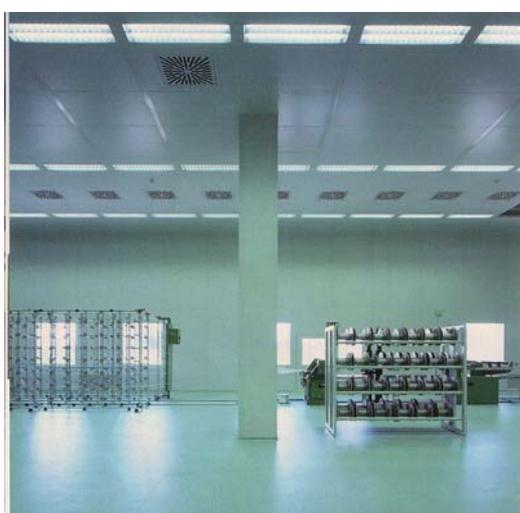
Mesmo o projeto utilizando o conceito *box in box*, os arquitetos procuram, através de superfícies envidraçadas, protegidas contra a radiação solar, mostrar que a produção interna é refinada e que existem elevadas condições tecnológicas. Essa é a definição do segundo importante conceito apresentado no projeto. A empresa, por motivos de segurança do *knowhow*, não apresenta toda a linha de produção, mas o contato com o usuário é mantido através de algumas partes (Figuras 3.28 e 3.29). Além das indústrias *box in box*, na atualidade, existem também as mistas, nas quais partes da produção e/ou áreas administrativas são climatizadas artificialmente; as demais partes interagem com o clima através de aberturas nos planos vertical e horizontal.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	



Fonte: Industriebau (2002, p.01-22).

Figura 3.28– Fábrica da Jostra, conceito *box in box*, fachada.



Fonte: Industriebau (2002, p.01-24)

Figura 3.29– Fábrica da Jostra, conceito *box in box*, planta baixa.

3.1.4 O Cenário Atual

A análise do cenário atual é definida pela exposição das tendências quanto aos princípios estruturadores das novas edificações. Considerando que os aspectos como entorno e ambiente já foram abordados no capítulo, a análise a seguir vincula-se às tendências na projetualidade dos edifícios industriais no que tange às dimensões tecnológica, funcional e formal.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

3.1.4.1 A forma vinculada aos propósitos imediatos – o caso geral

Este é o caso mais comum das indústrias encontradas na atualidade: geralmente, os edifícios vinculam-se aos propósitos imediatos, ou seja, o prédio é organizado em decorrência das necessidades dos meios de produção. Nesses casos, a forma é dependente das peculiaridades das linhas de produção, como também os materiais e as técnicas da envolvente da edificação, considerando nesse contexto a iluminação zenital e as aberturas do plano vertical. Normalmente, o partido, considerando a implantação de toda a indústria, é decomposto; a zona de produção e armazenamento está num mesmo volume, prismático, com predomínio da dimensão horizontal sobre a vertical. A organização funcional do edifício considera também a necessidade de adaptações da produção, decorrente das constantes inovações e necessidades de expansões do chão de fábrica. A flexibilidade é uma variável na equação de resolução do projeto da indústria que está sempre presente nas novas propostas. Existem nesse contexto duas possibilidades de interação interior e exterior. Quando a produção não necessita de um rigoroso controle, a presença de aberturas nos planos vertical e no horizontal é viável.

Box in box

A segunda configuração da forma vinculada aos requisitos primários de produção caracteriza-se pelo sistema *box in box*. Nessas tipologias, conforme já caracterizado, a envolvente exterior desempenha um papel de impermeabilidade em razão das necessidades da zona de produção.

Nesse caso, a ênfase da **dimensão tecnológica** presente na materialização desses edifícios é **funcional discreta**. Em se tratando do edifício, os aspectos construtivos são utilizados para possibilitar apenas o seu funcionamento. As figuras 3.28 e 3.29 ilustram a tendência.

3.1.4.2 A forma vinculada aos propósitos imediatos e à imagem da indústria – o caso europeu

Nesse contexto, as indústrias estão intimamente vinculadas também aos propósitos imediatos, ou seja, a planta é organizada em decorrência das necessidades dos meios de produção, porém a forma não é um mero resultado da configuração funcional do edifício.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

Nesses casos, há um trabalho com elementos de arquitetura de maior peso na composição formal do edifício. A cobertura, por exemplo, quando valorizada, pode gerar formas movimentadas, como é o caso da Indústria Florestal Centromaderas, em Santiago do Chile, projeto do arquiteto José Cruz Ovalle. Nesse projeto, o tratamento dado à cobertura em forma de onda torna a resolução formal movimentada. O arquiteto afirma que, em razão da capacidade dessa forma gerar a continuidade, foi calculada uma curva na cobertura com inúmeros centros e raios. Ainda nessa indústria, o trabalho dos elementos de arquitetura pilares externos gerou também maior qualidade formal na fachada plana, valorizando o plano vertical.



Fonte: Zecchetto (1998, p.32).

Figura 3.30– Indústria Forestal Centromaderas, 1996, Santiago do Chile, vista geral.

Esse trabalho nos elementos de arquitetura, que conferem à envolvente externa dos partidos industriais melhor qualidade formal, caracteriza a segunda corrente dos edifícios industriais da atualidade, nos quais a forma está vinculada aos propósitos imediatos e à imagem da indústria, porém o resultado final não é gerado por uma simples relação forma-função. Nesse caso, a ênfase da **dimensão tecnológica** presente na materialização dos referidos edifícios é **funcional discreta e funcional representativa**. Em se tratando do edifício, os aspectos construtivos são utilizados tanto para possibilitar o funcionamento como no sentido de gerar elementos de arquitetura que possam chamar a atenção dos usuários em decorrência das suas formas movimentadas e trabalhadas.

3.1.4.3. Propósitos imediatos vinculados à mensagem – o novo arranjo da função

Gerada com base nos novos conceitos empregados principalmente na indústria automobilística, a nova estratégia consiste em utilizar a tecnologia como uma ferramenta de

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

marketing, ou seja, as linhas de produção passam a ser apresentadas ao usuário do ambiente exterior, moldando-se à envolvente do edifício, com o objetivo de interagir e transmitir segurança ao ilustrar o desenvolvimento do “futuro produto”. O edifício não se modela à função; a função modela-se à necessidade de trazer a atenção do usuário para dentro da edificação. Essa tendência de interagir diretamente com o usuário ocorre desde a década de 1980, porém, num primeiro momento, os processos de fabricação não eram adaptados às necessidades de marketing. O centro de clientes em Nantes (Figura 3.31), França, ilustra essa tendência, projeto de 1988, cuja autoria é dos arquitetos Bernard e Clotilde Barto em Nantes.



Fonte: Schullitz (1992, p.72).

Figura 3.31– Centro de Atendimento de Clientes, Nantes, França, 1988.

Essa nova forma de organização da função a partir das necessidades de comunicação com o contexto exterior revolucionou todos os conceitos até então presentes no projeto de edifícios industriais. As zonas de produção fechadas, vinculadas ao contexto interior, são agora adaptadas à melhor forma de mostrá-las ao contexto exterior, conforme os projetos das fábricas de Dresden e de Wolfsburg, na Alemanha, da Volkswagen, cuja autoria é do escritório de arquitetura Henns Architekten. Em ambas, a estratégia de conciliar o mundo fabril interior com o exterior foi o princípio estruturador básico no âmbito do projeto dos edifícios. Na fábrica de Dresden, a área de produção está num volume prismático de quatro pavimentos envidraçado, que está orientado para a avenida de maior movimento, buscando, conforme já caracterizado, a exposição do *como fazer* ao mundo exterior (Figura 3.32).



Fonte: Schullitz (1992, p.72).

Figura 3.32– Fábrica da Volkswagen em Dresden, 1999, projeto do Escritório de Arquitetura Henn Architekten.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

A fachada com o acesso ao prédio é trabalhada pela união e integração de diferentes formas prismáticas, gerando um movimentado volume, por meio do qual é possível também interagir com o contexto interior, onde estão presentes a gerência, a exposição de veículos e área de armazenamento.

Nesse caso, a ênfase da **dimensão tecnológica** presente na materialização dos edifícios é **representativa intrusiva e funcional representativa**, ou seja, a partir da exposição das linhas de produção, como também dos produtos, a tecnologia é utilizada internamente na edificação como resolução dos problemas de produção, como também, e aqui uma maior ênfase, vinculada à representação, enquanto materialização do *como fazer*. Além da principal função representativa da dimensão tecnológica na projetualidade dos edifícios, a envolvente transparente faz com que os sistemas construtivos que desempenham um papel *de fazer funcionar* sejam também expostos ao contexto exterior, caracterizando, portanto, a ênfase na utilização funcional representativa da dimensão tecnológica.

3.1.5 Aspectos relevantes da análise dos edifícios industriais

No que tange à dimensão tecnológica da projetualidade dos edifícios industriais, as tipologias sempre incorporaram rapidamente os avanços conquistados no campo da construção, mesmo nos séculos XVIII e XIX. Talvez em decorrência de o programa não ser encarado pela arquitetura clássica como um desafio real de arquitetura, estando a tipologia, portanto, fora dos problemas da negação da tecnologia no século XIX, esse aspecto caracteriza a importância da dimensão tecnológica na projetualidade das indústrias. Durante o século XX, as tipologias com configuração definida com base na concepção funcional foram novamente encaradas como obras de arquitetura, considerando que, no período, houve a libertação da arquitetura de estilos do século XIX. E foi também através da imagem da indústria que Sant'Elia, durante o movimento italiano futurista do início do século XX, representou a nova visão de sociedade e de arquitetura tecnicista. Nesse período, a tipologia industrial esteve, até o segundo quarto do século, ligada mais fortemente à dimensão funcional e tecnológica da projetualidade industrial; posteriormente, a dimensão formal voltou a ser mais valorizada. Na verdade, no início do século XX, houve uma preocupação com os aspectos formais dos edifícios industriais, tanto no lado da arquitetura ainda clássica de Behrens e seus imponentes prédios, caracterizando, portanto, uma arquitetura monumental, como também no de Gropius, com maior leveza, mas com requintados cuidados com a forma.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

Uma segunda importante contribuição da arquitetura industrial para a projetualidade em geral foi a materialização do marco inicial do movimento moderno através do trabalho de Gropius, com a fábrica Fagus em 1910-1914, reforçando o edifício industrial como o símbolo de um novo tempo, no qual a tecnologia e a modernidade permeariam a arquitetura. Ainda no âmbito das contribuições da tipologia industrial para a projetualidade da arquitetura em geral, é importante salientar o papel das indústrias do século XIX como modificadoras da organização da cidade.

Inicialmente, essa modificação foi definida pela construção de vilas operárias, com pouca qualidade ambiental, e o objetivo de proporcionar uma mão-de-obra para o funcionamento das indústrias; posteriormente, o problema transformou-se em foco de atenção de alguns arquitetos, através dos quais muitos projetos de interesse social foram desenvolvidos. Nesse sentido, os projetos das vilas operárias do final do século XVIII e início do XIX foram experiências que proporcionaram um repertório inicial para a discussão dos problemas de moradias das cidades europeias na segunda metade do século XIX.

Na atualidade, a indústria automobilística, através de uma arquitetura com características *high-tech*, está transformando a imagem do edifício industrial na Europa. As construções para produção foram interpretadas nas últimas décadas como edifícios indesejáveis na cidade; atualmente, essa nova tendência, com base nos novos conceitos de marketing empregados pelas indústrias de ponta, por meio dos quais os processos de fabricação são expostos ao consumidor, no sentido de apresentá-los como o seu produto é *bem construído*, passou novamente a gerar edifícios com interessante valor formal, qualificando a paisagem urbana, enquanto obras de arquitetura que transmitem a sua verdade interna através de um diálogo com os usuários pelas suas mensagens simbólicas. Além desse aspecto, é importante reforçar o novo conceito de adaptação das linhas de produção à necessidade de exposição do produto aos usuários do espaço exterior.

A apresentação da ênfase da dimensão tecnológica na projetualidade dos edifícios industriais é importante no sentido de reforçar a escolha do tema – a indústria - enquanto tipologia a ser trabalhada na avaliação da utilização de métodos de apoio à decisão no que diz respeito às variáveis da dimensão tecnológica e ambiental, como também um importante referencial para a análise do papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura em geral.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

No item seguinte são apresentados os aspectos relevantes da projetualidade das coberturas, buscando caracterizar o seu valor como elementos que contribuíram para o desenvolvimento da arquitetura, como também sua importância para a qualidade dos edifícios industriais. Assim como para os edifícios industriais, a análise das coberturas foi feita com base na contextualização dos paradigmas presentes nos diferentes momentos dos últimos duzentos anos e seus respectivos emblemas, caracterizados pelas obras de arquitetura que marcaram os diferentes períodos.

3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos nos últimos duzentos anos

Revisão e panorama da questão

Segundo Busse (2000, p.9), antes de qualquer outro objetivo, o telhado foi um apoio, um suporte à vida da pessoas. “A arte da construção veio depois da construção, assim como a necessidade da proteção e segurança, veio antes da exigência de sedentarismo das evoluídas pessoas no que tange à moradia.” (BUSSE, 2000, p.9).

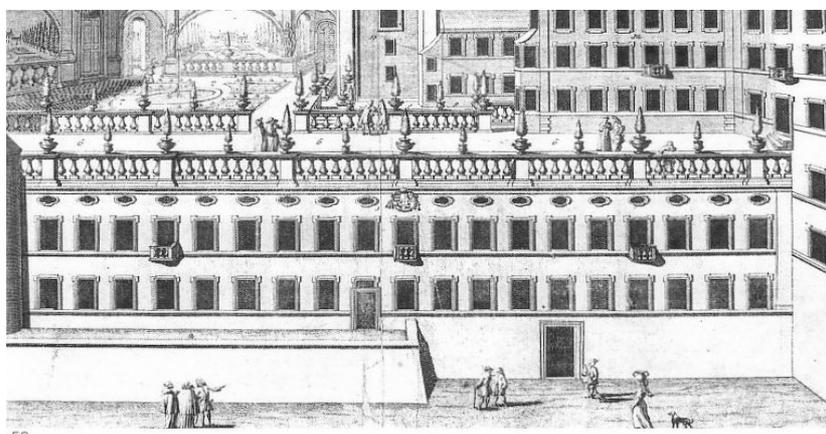
3.2.1 Os ordenados princípios geométricos – o telhado na Renascença e no Classicismo

Segundo Busse (2000, p.11), a reflexão no antigo grego e no romano, a descoberta da perspectiva linear, como também os escritos de Vitruvius conduziram a arte da construção do século XV para uma nova visão do espaço arquitetônico. Esse espaço é determinado pelo apoio à clareza, pela distribuição ortogonal e simplicidade de uso, como também pelas formas geométricas básicas. O número e a relação entre os mesmos numa ordem geométrica regular são princípios figurados de distribuição. A ordem geométrica modular e o jogo entre as partes geram harmonia. Leone B. Albert e, mais tarde, Andreas Palladio descreveram a teoria básica desses novos espaços nas condições da alterada figura de mundo de seu tempo.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos			
Revisão e panorama da questão	3.1.1. Século XVIII	3.1.2. Século XIX	3.1.3. Século XX	3.1.4. O Cenário Atual	3.1.5. Aspectos relevantes da análise	

Junto a Alberti e às proporcionadas fachadas de Palazzo Rucellai em Florença, 1446-1451, originam-se os fechamentos superiores das edificações horizontais com platibandas, parte de uma superfície de fachada totalitária com uma determinada ordem de medida. (BUSSE, 2000, p.9).

Busse (2000, p.35) relata que, aproximadamente, em 1700 foram construídos no norte dos Alpes os primeiros telhados-jardins da Renascença. Esses telhados eram mantidos isoladamente em castelos, nos quais os custos para a grossa camada de isolamento e retirada de água e para os caros materiais de impermeabilização cobre, chumbo e alcatrão inviabilizavam a construção (Figura 3.34).



Fonte: Busse (2000, p.35)

Figura 3.33 – Um dos primeiros telhados planos com isolamento, Passauer Fürstbischhof, 1700.

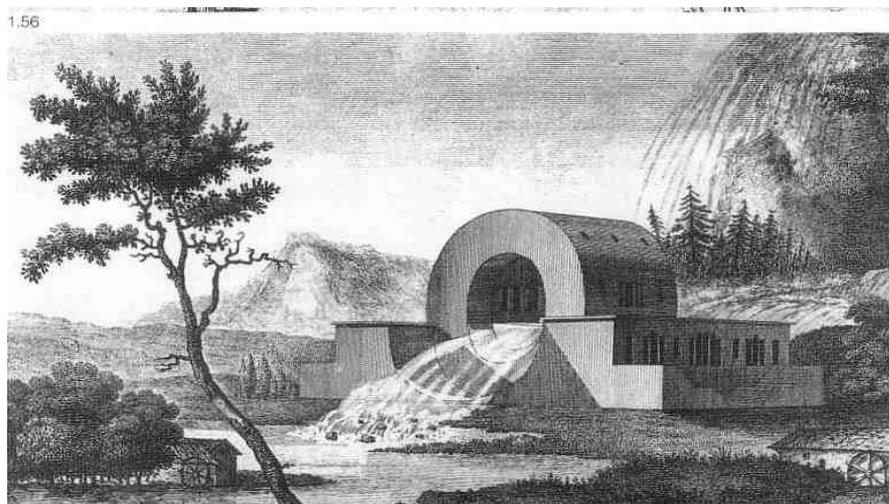
Desde, aproximadamente, 1780, nos audaciosos e utópicos projetos dos arquitetos da revolução Boullée e Ledoux, a parte plana da cobertura condicionou, na maioria das vezes, as formas claras e subordinadas da composição (Figura 3.35). Nesse período, os telhados planos continuavam sendo extremamente caros e eram utilizados apenas em pequenas áreas. Segundo Busse (2000, p.36), em 1725, o construtor dresdenense Paul Jakob Marperger escreveu um tratado sobre a execução de telhados planos, abordando a necessidade de sua utilização, com o que antecedeu em duzentos anos os aspectos que mais tarde seriam tratados no Modernismo.

Marperger especificou as vantagens do uso telhado plano através dos seguintes aspectos: economia de madeira, diminuição do perigo de incêndio, maior efetividade contra epidemias e pestes¹, facilidade de manutenção, possibilidade de utilização do telhado-jardim,

¹ Cada doente poderia ser colocado num pequeno apartamento ou sala sobre o telhado plano.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais		
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos					
Revisão e panorama da questão	3.2.1. O telhado na Renascença e no Classicismo	3.2.2. As coberturas e.o. Ecletismo Tecnista	3.2.3. A escola de Chicago e o telhado plano	3.2.4. A consolidação das técnicas da cobertura	3.2.5. A cobertura horizontal	3.2.6. Entre 1945 e 1980	3.2.7. Final do século XX	3.2.8. Aspec. da evolução histórica das coberturas

aumento dos ganhos de áreas e melhoria de qualidade de vida dos moradores. Nesse período, os telhados de cimento e madeira tinham os preços baixos, mais adequados, boas características de isolamento térmico e contra umidade, além da grande vantagem sobre os telhados inclinados no que diz respeito à segurança contra o fogo. O seu uso expandiu-se durante a segunda metade do século XIX, período em que a técnica era o maior problema na consolidação dos telhados horizontais. Assim, os fechamentos superiores utilizados nos prédios classicistas eram aqueles com pouca inclinação, escondidos através de platibandas.



Fonte: Busse (2000, p.35).

Figura 3.34 – Projeto da salina real, França, Boullée, 1771. *Haus des Wasserbaudirektor*.

A mais concreta possibilidade de construção de telhados planos, compatíveis com as necessidades das arquiteturas dos estilos do século XIX, ocorreu em 1839, a partir do desenvolvimento de um sistema barato de impermeabilização, caracterizado pela sobreposição de uma chapa de madeira, óleo, alcatrão ou papel de desembalar, mais a cobertura, geralmente em pedra ou terra. O autor da descoberta foi o construtor Samuel Häusler. Na segunda metade do século XIX, período da arquitetura romântica, os telhados-jardins, ganharam força. Com relação à dimensão tecnológica das coberturas nesse período, segundo Schunk (1991, p.11), eram utilizadas telhas de pedra natural e argila, basicamente, como revestimento do plano horizontal superior. Schunk (2004, p.14) relata também que os primeiros grandes avanços das coberturas industriais ocorreram entre 1825 e 1860, e vincularam-se à utilização do ferro, à produção de telhas, aos avanços da indústria do vidro, à descoberta do cimento-amianto, como também às novas técnicas de impermeabilização. Nesse período, as coberturas metálicas eram amplamente utilizadas na Europa. O final da primeira metade do século XIX foi marcado pela possibilidade da materialização da arquitetura neoclássica e romântica na sua plenitude, ou

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos				3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos		
Revisão e panorama da questão	3.2.1. O telhado na Renascença e no Classicismo	3.2.2. As coberturas e.o. Ecletismo Tecnicista	3.2.3. A escola de Chicago e o telhado plano	3.2.4. A consolidação das técnicas da cobertura	3.2.5. A cobertura horizontal	3.2.6. Entre 1945 e 1980
					3.2.7. Final do século XX	3.2.8. Aspec. da evolução histórica das coberturas

seja, nesse momento, a técnica possibilitou com que a desejada forma plana dos telhados pudesse ser finalmente projetada e construída, com custos não tão elevados como no passado.

3.2.2 A segunda metade do século XIX – as coberturas como marca registrada do Ecletismo Tecnicista

Conforme já caracterizado no início da revisão bibliográfica, o século XIX foi um período de grandes conquistas tecnológicas na arquitetura. Nesse período, houve a caracterização de uma nova estética, a tecnicista, que não foi aceita pelos arquitetos que praticavam a *arquitetura de estilos*. Essa nova estética materializou-se sobretudo nas coberturas de estufas, de estações de trem, lojas de compras e, basicamente, de edificações de grandes vãos, conforme já ilustrado nas figuras 1.1 e 2.3. A partir desse período, segundo Lippert (2004, p.14), entre 1860 e 1890, a cobertura com grande plasticidade formal passou a ser a “marca registrada” de muitas edificações. As casas de compras alemãs, *Kaufhäuser*, eram marcadas por coberturas zenitais de considerável valor estético, como também estruturas metálicas bem trabalhadas (Figura 3.35).

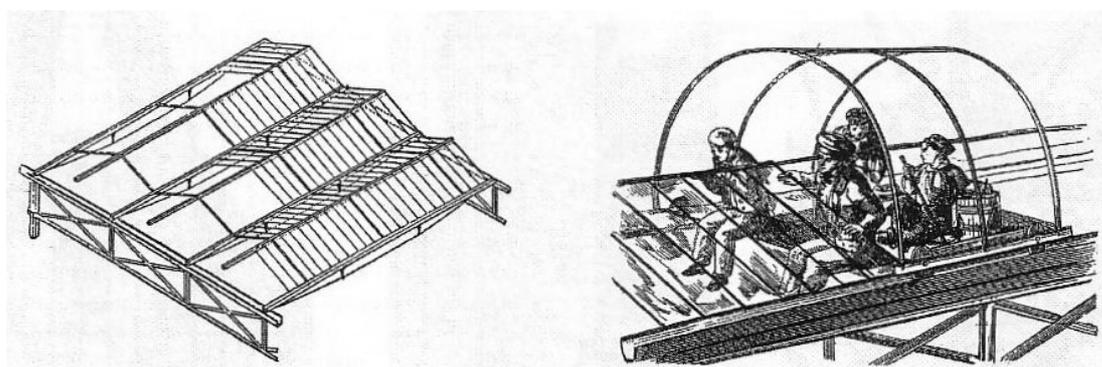
O papel mais funcional da projetualidade das coberturas industriais na primeira metade do século XIX é contrastante com a riqueza da dimensão formal da arquitetura praticada na segunda metade. Essa análise deve ser conduzida desconsiderando a definição de arquitetura presente naquele período, vinculada aos estilos e à utilização de materiais tradicionais, como a pedra, por exemplo. Schunk (2000, p.11) relata que as coberturas de metal e vidro foram responsáveis pela nova estética tecnológica do século XIX, tratada neste trabalho como “Ecletismo Tecnicista”.



Figura 3.35 – *Kaufhaus* em Görlitz, Loja Karstadt, Alemanha.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais		
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos					
Revisão e panorama da questão	3.2.1. O telhado na Renascença e no Classicismo	3.2.2. As coberturas e.o. Ecletismo Tecnicista	3.2.3. A escola de Chicago e o telhado plano	3.2.4. A consolidação das técnicas da cobertura	3.2.5. A cobertura horizontal	3.2.6. Entre 1945 e 1980	3.2.7. Final do século XX	3.2.8. Aspec. da evolução histórica das coberturas

Essa nova estética da segunda metade do século XIX foi influenciada também pela arquitetura das exposições. Lippert (2004, p.15) afirma que a nova tecnologia originou novas tipologias; o vidro gerou um adequado local para as plantas, como um novo ambiente tecnicista para as exposições internacionais. Segundo Schunck (1991, p.11), a produção de chapas metálicas, o desenvolvimento da indústria do vidro, a descoberta do cimento-amianto e do betume, como elemento de impermeabilização, o novo sistema de forno Anel e as máquinas de moldar telhas mudaram o cenário das coberturas, diversificando o rol de possibilidades da escolha de sistemas e materiais. Paxton, em 1851, com o projeto do Palácio de Cristal, espaço onde ocorreu a Exposição Internacional da Inglaterra, contribuiu de forma ativa para o desenvolvimento do novo ecletismo tecnicista, caracterizando a nova estética da arquitetura do ferro e do vidro da segunda metade do século XIX. Nesse projeto, o paisagista concebeu uma estrutura além dos limites técnicos praticados até aquele momento, principalmente em se tratando da construção da referida obra. Paxton projetou um sistema de construção em série para a cobertura (Figura 3.36).



Fonte: Lippert (2004, p.19).

Figura 3.36 – Construção em série da cobertura, projeto de Paxton, 1851, Palácio de Cristal.

Nesse período, a projetualidade das exposições internacionais apresentou uma valorização da dimensão tecnológica em decorrência da competição presente no cenário europeu, principalmente entre Inglaterra, França e Alemanha. A Exposição Internacional de 1889 na França é outro exemplo da valorização da dimensão tecnológica na projetualidade da tipologia. O arquiteto Charles Louis Dutert e o engenheiro Victor Contamin desenvolveram, em 1889, o projeto do Pavilhão das Máquinas, no qual o vidro e as formas trabalhadas do aço criavam uma atmosfera de desenvolvimento. Os edifícios comprometidos com a incorporação e exploração do desenvolvimento tecnológico apresentaram como característica do caráter programático a utilização de coberturas com estruturas trabalhadas, como também um considerável uso do vidro. De modo geral, esses edifícios apresentavam a monumentalidade como característica marcante do caráter essencial. O aço e o vidro caracterizavam o caráter imediato das edificações. Nesse contexto da projetualidade do ecletismo tecnicista da segunda metade do século XIX, a cobertura desempenhou um papel fundamental.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais		
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos					
Revisão e panorama da questão	3.2.1. O telhado na Renascença e no Classicismo	3.2.2. As coberturas e.o. Ecletismo Tecnicista	3.2.3. A escola de Chicago e o telhado plano	3.2.4. A consolidação das técnicas da cobertura	3.2.5. A cobertura horizontal	3.2.6. Entre 1945 e 1980	3.2.7. Final do século XX	3.2.8. Aspec. da evolução histórica das coberturas

3.2.3 A Escola de Chicago e a consolidação do telhado plano

A escola de Chicago foi um importante momento para a arquitetura, mas, em especial, para a valorização do papel da tecnologia na projetualidade em geral. Todas as conquistas tecnológicas obtidas no século XIX, por volta de 1870, passaram a fazer parte da projetualidade dos edifícios em geral, ou seja, a tecnologia passou a ser aceita na plenitude total da arquitetura. Os novos edifícios, com a nova concepção de Sullivan (base, corpo e coroamento), fizeram uso dos recursos tecnológicos disponíveis até aquele momento: conquistas na área das estruturas, elevadores, impermeabilização e proteção contra incêndio.

Segundo Busse (2000, p.37), na segunda metade do século XIX foi utilizado pela primeira vez em grandes limites o telhado plano. Depois do incêndio de 1871, no qual foram queimados quase 18.000 edifícios, Chicago teve um grande impulso econômico. Os terrenos passaram a ser utilizados em toda a sua extensão, ocupados com corpos construtivos de forma cúbica.

Esses edifícios passaram a receber telhados planos em decorrência dos problemas de segurança, em razão do estruturamento em madeira dos inclinados. Um outro importante aspecto que permitiu a formação dos telhados planos foi o desenvolvimento das mantas betuminosas, que eram subprodutos da destilação do petróleo, desde a metade do século.

Pela primeira vez desde o início do século XVIII, com custos relativamente baixos e com as novas tecnologias, as coberturas puderam ser utilizadas na sua forma desejada, sem a necessidade de mascaramentos, como foi o caso das platibandas nos séculos XVIII e XIX, considerando nessas observações a presença da “arquitetura de estilos”, que ainda era produzida no final do século XIX.

3.2.4 O século XX e a consolidação das técnicas da cobertura

Segundo Busse (2000, p.37), depois do descobrimento dos telhados de cimento e madeira na metade do século XIX, o grande impulso na história das coberturas planas foi a execução das formas de construção de concreto armado, o que ofereceu não apenas possibilidades para a fabricação de telhados e pisos planos, mas possibilitou à nova vanguarda a liberdade total no tocante à construção de coberturas. As experiências com concreto armado foram consolidadas, inicialmente, através do trabalho de dois arquitetos franceses: Auguste Perret e François Hennebique. Entre 1900 e 1904, o francês François Hennebique demonstrou

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais		
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos				3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos				
Revisão e panorama da questão	3.2.1. O telhado na Renascença e no Classicismo	3.2.2. As coberturas e.o. Ecletismo Tecnista	3.2.3. A escola de Chicago e o telhado plano	3.2.4. A consolidação das técnicas da cobertura	3.2.5. A cobertura horizontal	3.2.6. Entre 1945 e 1980	3.2.6. Entre 1945 e 1980	3.2.8. Aspec. da evolução histórica das coberturas

na sua própria casa, em Bourg-la-Reine, em Paris, todas as possibilidades construtivas e estéticas do novo material. Foi utilizado como fechamento horizontal do seu prédio um jardim na cobertura. Em 1903, August Perret construiu um edifício de aluguel de oito pavimentos na rua Franklin, em Paris, no qual os vãos entre pilares, lajes em balanço e terraço no telhado foram fechados com esquadrias.

Um outro importante nome no que se refere ao uso e desenvolvimento de projetos com concreto armado foi Tony Garnier, jovem arquiteto que, em 1904, apresentou a sua cidade industrial. O projeto era caracterizado por uma cidade ideal para 35.000 habitantes e apresentava novas e radicais idéias para aquele tempo. Publicado, segundo Busse (2000, p.37), 14 anos mais tarde, em 1917, “ele tentou encontrar a sua própria expressão para o novo material, o concreto armado” (p.11). O trabalho de Garnier é importante também por conduzir, mais tarde, a arquitetura para as janelas horizontais, paredes de vidro, e telhados em balanço, influenciando o trabalho dos arquitetos que posteriormente caracterizariam o movimento moderno.

Desde a consolidação do uso do concreto armado, ainda na primeira década do século XX, a técnica já possibilitou a concepção e o desenvolvimento dos telhados planos do Estilo Internacional.

3.2.5 A cobertura horizontal de Adoolf Loos, Frank Loyd Wright e Le Corbusier

Frank Loyd Wright

Busse (2000, p.40) relata que uma das personalidades mais significativas para o desenvolvimento dos telhados planos foi Frank Lloyd Wright. Aluno de Sullivan, Wright passou a utilizar as coberturas planas seguindo duas estratégias distintas: telhado plano normal e telhado terraço sobre laje em balanço. Os terraços eram realidade da arquitetura desde a sua utilização em castelos, ainda na Idade Média, porém a retomada, naquele momento, foi um importante passo dado por Wright. Inicialmente, utilizou-se o telhado plano através das condições tecnológicas conquistadas; posteriormente, desenvolveram-se os terraços. Através da publicação do seu trabalho em 1910, em Berlin, Wright influenciou de forma decisiva os arquitetos europeus de diferentes correntes, desde o “Stijl” até Mies Van der Rohe. Busse (2000, p.40) afirma que o projeto para o Lexington Terrace Apartments em Chicago, com o

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais		
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos				3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos				
Revisão e panorama da questão	3.2.1. O telhado na Renascença e no Classicismo	3.2.2. As coberturas e.o. Ecletismo Tecnista	3.2.3. A escola de Chicago e o telhado plano	3.2.4. A consolidação das técnicas da cobertura	3.2.5. A cobertura horizontal	3.2.6. Entre 1945 e 1980	3.2.6. Entre 1945 e 1980	3.2.8. Aspec. da evolução histórica das coberturas

corpo da construção escalonado e entradas próprias para cada uma das residências, pode ser caracterizado como o caminho inicial das casas-terraços.

Adolf Loos

O grande purista Adolf Loos, conhecido pela sua postura radical perante o uso do ornamento, foi, sem dúvida, o maior defensor dos telhados planos. Com a casa Schau, ele construiu o primeiro terraço da Europa Central. Busse (2000, p.41) relata que ele foi influenciado por sua viagem feita ao norte da África.

Nós devemos nos perguntar: porque o terraço desde séculos é tão utilizado no Oriente? E porque eles não foram utilizados na nossa silhueta de céu? A resposta é simples: As construções conhecidas até hoje só poderiam ser utilizadas em regiões livres de gelo, de congelamentos. Desde o descobrimento dos telhados de cimento e madeira e desde o uso do asfalto, são possíveis a construção de terraços e telhados planos. Desde quatro séculos é o telhado plano um sonho dos artistas da construção. No meio do século XIX foi o sonho realizado, mas a maioria dos arquitetos não sabiam como começar com os telhados planos. (BUSSE, 2000, p.41).

Conforme Busse, no caso do projeto da Casa Schau, em Viena, apesar da sua visita à África, a decisão do terraço foi *funcional*. Busse (2000, p.42) registra que para projetos posteriores, como para um grupo de vinte casas, ou para uma habitação terraço com moradias de trabalhadores, Loos utilizou o argumento prático:

As duas justapostas casas terraço têm ruas elevadas (*Hochstraßes*), as quais podem ser alcançadas sobre uma escada livre. Cada habitação tem a sua própria entrada da rua elevada dos seus próprios pergolados, onde nós podemos nas noites sentar e respirar ar fresco. As crianças brincam nos jardins sem os perigos de serem atropeladas por um automóvel. (BUSSE, 2000, p.42).

Le Corbusier

Le Corbusier foi o arquiteto que mais fez propaganda e uso dos telhados planos. Segundo Busse (2000, p.42), Le Corbusier estava convencido de que no senso das pessoas estava a necessidade, ou prazer, de subir sobre os telhados de suas casas. Segundo o autor, ele teria feito a seguinte pergunta: “Não é totalmente contrário a toda a lógica, quando fica uma grande superfície da cidade sem uso?” Para os telhados-jardins, que desempenharam um importante papel nos seus cinco pontos da arquitetura moderna, ele contribuiu não apenas com aspectos funcionais, econômicos e de concepção da forma, mas também em questões técnico-construtivas:

(...)o concreto armado tem um azedo (difícil, complicado) inimigo, a dilatação, o período da fissura. E para derrotar o problema da fissura é necessário trazer para os telhados os jardins. Por quê? Os jardins mantêm a reconhecida umidade e protegem contra as dilatações. Neste sentido é infinitamente confortável para o coração das pessoas poder manter sobre o telhado espaços verdes. (BUSSE, 2000, P.43).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais		
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos					
Revisão e panorama da questão	3.2.1. O telhado na Renascença e no Classicismo	3.2.2. As coberturas e.o. Ecletismo Tecnista	3.2.3. A escola de Chicago e o telhado plano	3.2.4. A consolidação das técnicas da cobertura	3.2.5. A cobertura horizontal	3.2.6. Entre 1945 e 1980	3.2.7. Final do século XX	3.2.8. Aspec. da evolução histórica das coberturas

Le Corbusier deu ainda outras explicações construtivas para os telhados planos. No seu ensaio “Conversa com um mestre em telhados planos”, argumenta que, nas regiões relativamente frias, depois da criação e inserção dos sistemas de aquecimento, os telhados não deveriam ser mais inclinados.

“Nós chegamos à outra solução básica, não é necessário que o telhado seja inclinado para dentro, para que a neve possa ser calmamente conduzida durante o inverno, e que a água descongelada, que sob o efeito da central de aquecimento, possa através de canalização pluvial desaparecer, a qual não fica mais externamente a casa, sim internamente, onde possivelmente no meio, onde mais estiver quente, e que esta canalização pluvial do telhado inclinado possa chegar até a canalização junto à base da edificação, onde não é originado nenhum problema de congelamento, e onde a canalização do banheiro e outras canalizações se encontram.” (BUSSE, 2000, p.43).

Na Unidade de Habitação de Marselha, Le Corbusier teve uma experiência de mais de um quilômetro de distância com praças de diversão para crianças, áreas para sentar, esculturas e rua de pedestres. Em outros projetos, muito antes dos movimentos ecológicos aparecerem, ele já utilizava as coberturas verdes. Os telhados planos de Le Corbusier são confiantes exemplos para as suas teses; nunca o telhado foi apenas um teto, pois sempre foi bem distribuído e aproveitável. Nas suas vilas, todas as casas, antes da Stein e Savoie, tinham grandes partes verdes nos telhados.

3.2.6 Entre 1945 e 1980

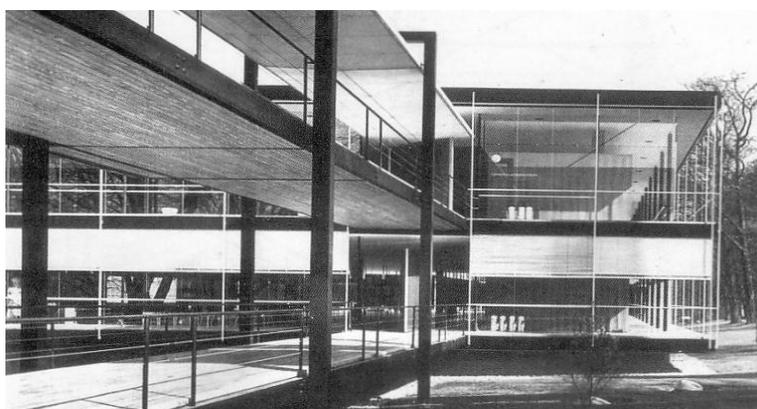
Segundo Busse (2000, p.52), na década de 1950, os telhados planos passaram a dominar o contexto da arquitetura mundial por meio do movimento Estilo Internacional. A partir de então, os jovens e engajados arquitetos passaram a explorar as possibilidades funcionais e formais dos telhados planos. Em 1953, Ludwig Mies Van der Rohe, através do projeto do Campus do ITT, em Chicago, utilizou pela primeira vez uma estrutura externa envolvendo o edifício. Segundo Busse (p.52), foi a primeira vez que o telhado plano foi utilizado flutuando sobre a estrutura aparente externa ao edifício (Figura 3.37). Já na exposição mundial de 1958, em Bruxelas, no pavilhão alemão, foi apresentado o telhado horizontal como uma fina camada, não mais grossa que uma das lajes dos pavimentos intermediários (Figura 3.38). O uso das coberturas planas para habitações foi também difundido. Um interessante exemplo, segundo Busse (2000, p.52), é o conjunto habitacional Halen, na Alemanha, o qual se baseia num projeto de Le Corbusier não executado. Os telhados planos nesse conjunto foram projetados pelo escritório de arquitetura Atelier 5, na Suíça. No tocante à dimensão tecnológica da projetualidade das coberturas, são apresentadas a seguir algumas importantes constatações do período de análise. Nas décadas de 1950 e 1960, durante o período de reconstrução da Europa, segundo Schunck (1991, p.18), a necessidade de construção de escolas e de edifícios em altura, levou a avanços com a tecnologia dos pré-moldados, por intermédio da qual o projeto e construção das coberturas horizontais foram mais uma forma de consolidação.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos				3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos		
Revisão e panorama da questão	3.2.1. O telhado na Renascença e no Classicismo	3.2.2. As coberturas e.o. Ecletismo Tecnista	3.2.3. A escola de Chicago e o telhado plano	3.2.4. A consolidação das técnicas da cobertura	3.2.5. A cobertura horizontal	3.2.6. Entre 1945 e 1980
					3.2.7. Final do século XX	3.2.8. Aspec. da evolução histórica das coberturas



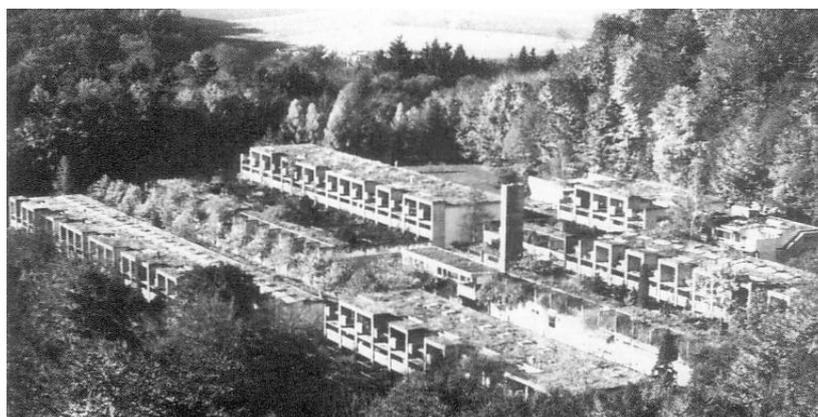
Fonte: Busse (2000, p.52)

Figura 3.37 – Projeto de Ludwig Mies Van der Rohe, Crown Hall al ITT, Chicago, 1953.



Fonte: Busse (2000, p.52)

Figura 3.38 – Projeto de Egon Eiermann und Sep Ruf, Pavilhão Alemão, Exposição Mundial de 1958, Bruxelas.



Fonte: Busse (2000, p.52).

Figura 3.39 – Projeto do escritório de arquitetura Atelier 5, Conjuntos Habitacional em Halen, Suíça, 1959-1961.

A década de 1950 foi marcada também pelo início da utilização de telhas metálicas trapezoidais, as quais são extremamente utilizadas no contexto atual para coberturas de médios e grandes vãos. Ainda no âmbito dos aspectos tecnológicos, a cobertura de fibra de vidro, a partir da década de 1960, passou a ser utilizada como fechamento transparente no plano horizontal. Segundo Schunck (1991, p.32), fibras e materiais originados de derivados do petróleo começaram a ser utilizados a partir da década de 1960, quando da origem da fibra de vidro. Hoje existe uma grande gama de materiais originados a partir deste conceito, como

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais		
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos					
Revisão e panorama da questão	3.2.1. O telhado na Renascença e no Classicismo	3.2.2. As coberturas e.o. Ecletismo Tecnista	3.2.3. A escola de Chicago e o telhado plano	3.2.4. A consolidação das técnicas da cobertura	3.2.5. A cobertura horizontal	3.2.6. Entre 1945 e 1980	3.2.7. Final do século XX	3.2.8. Aspec. da evolução histórica das coberturas

PVC, acrílico e fibra de vidro, bastante encontrados nas coberturas como elementos de iluminação natural, através de superfícies transparentes.

Retornando às dimensões funcional e formal da projetualidade das coberturas, é importante destacar o projeto do arquiteto alemão Hertzberger, na década de 1970. As novas formas de integrar a cobertura ao contexto funcional do edifício continuaram a ser criadas. Herman Hertzberger, em 1970, projetou o edifício de administração Central Beheer (1970-71), em cujo telhado algumas partes são “transitáveis”(Figura 3.40). O conceito principal tem como base no projeto do grande edifício buscar a unidade pela adição de pequenas partes, as quais procuram integrar-se à escala das pessoas. Schunck (1991, p.21) define que, no final da década de 1960, em decorrência dos graves problemas estruturais da arquitetura moderna, mais um vez o mundo recorreu à cobertura inclinada. Nesse período, principalmente na Europa, houve um grande questionamento sobre a necessidade de utilização das coberturas planas. A recuperação de monumentos e centros históricos é outro importante aspecto que contribuiu para a revalorização da cobertura inclinada. Também contribuiu para a retomada da utilização dos telhados inclinados a utilização das coberturas verdes, ou vivas.



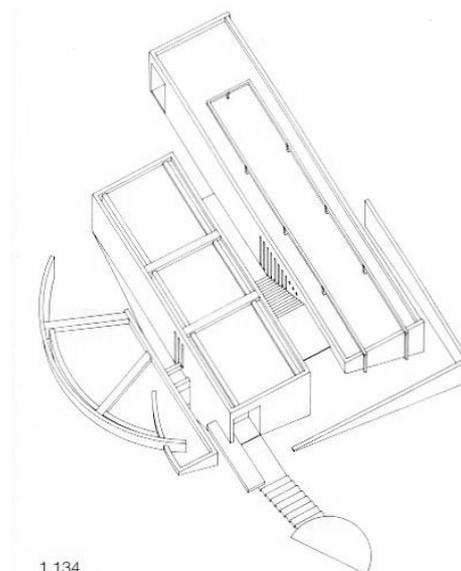
Fonte: Busse (2000, p.53).

Figura 3.40 – Projeto de Herman Hertzberger, edifício administrativo da companhia de seguros Centrall Beheer, Apeldoorn, 1970-1972.

O início do movimento pós-moderno consolidou de uma vez por todas o lugar da cobertura inclinada na arquitetura. A integração do prédio à paisagem natural, a utilização de materiais regionais, a retomada de formas e elementos do passado foram algumas das idéias da nova tendência. Ainda destacando as possibilidades das coberturas no século XX, Busse (2000, p.54), relata que Tadao Ando, na década de 1980, apresentou uma nova forma de trabalhar os fechamentos horizontais, pela consideração desses como a quinta fachada do edifício (Figura 3.41).

O plano horizontal é trabalhado a partir de princípios geométricos de composição, caracterizando uma grande preocupação com o desenho do elemento de arquitetura cobertura.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais		
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos					
Revisão e panorama da questão	3.2.1. O telhado na Renascença e no Classicismo	3.2.2. As coberturas e.o. Ecletismo	3.2.3. A escola de Chicago e o telhado plano	3.2.4. A consolidação das técnicas da cobertura	3.2.5. A cobertura horizontal	3.2.6. Entre 1945 e 1980	3.2.7. Final do século XX	3.2.8. Aspec. da evolução histórica das coberturas



1.134

Fonte: Busse (2000, p.53).

Figura 3.41 – Projeto de Tadao Ando.

3.2.7 Final do século XX – um novo ecletismo tecnicista?

A partir da década de 1980, as coberturas passaram também a ser utilizadas funcionalmente como áreas para o aproveitamento de energia solar, através da utilização de sistemas fotovoltaicos e de aquecimento de água. Essa nova função técnica das coberturas, em muitos casos, foi trabalhada de maneira criativa, como é caso do Pavilhão Tepia, em Tóquio, projeto do arquiteto Fumihiko Maki, em 1989. No projeto, Fumihiko distribuiu os coletores solares na cobertura compondo com a geometria do plano horizontal do edifício (Figura 3.42). Além do uso das coberturas como apoio à geração de energia para as edificações, é importante destacar o desenvolvimento dos sistemas construtivos de fechamentos como também as novas tendências da arquitetura surgidas na década de 1990, gerando um aumento da valorização da cobertura como elemento compositivo. O desprendimento da necessidade do telhado plano como dimensão formal também deve ser destacado. As novas tendências da arquitetura, a partir da década de 1990, transformaram o telhado num elemento ativo na composição, principalmente em se tratando de edificações de grandes planos horizontais, como indústrias, aeroportos, *shoppings centers*, entre outros usos.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais		
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos					
Revisão e panorama da questão	3.2.1. O telhado na Renascença e no Classicismo	3.2.2. As coberturas e.o. Ecletismo Tecnicista	3.2.3. A escola de Chicago e o telhado plano	3.2.4. A consolidação das técnicas da cobertura	3.2.5. A cobertura horizontal	3.2.6. Entre 1945 e 1980	3.2.7. Final do século XX	3.2.8. Aspec. da evolução histórica das coberturas



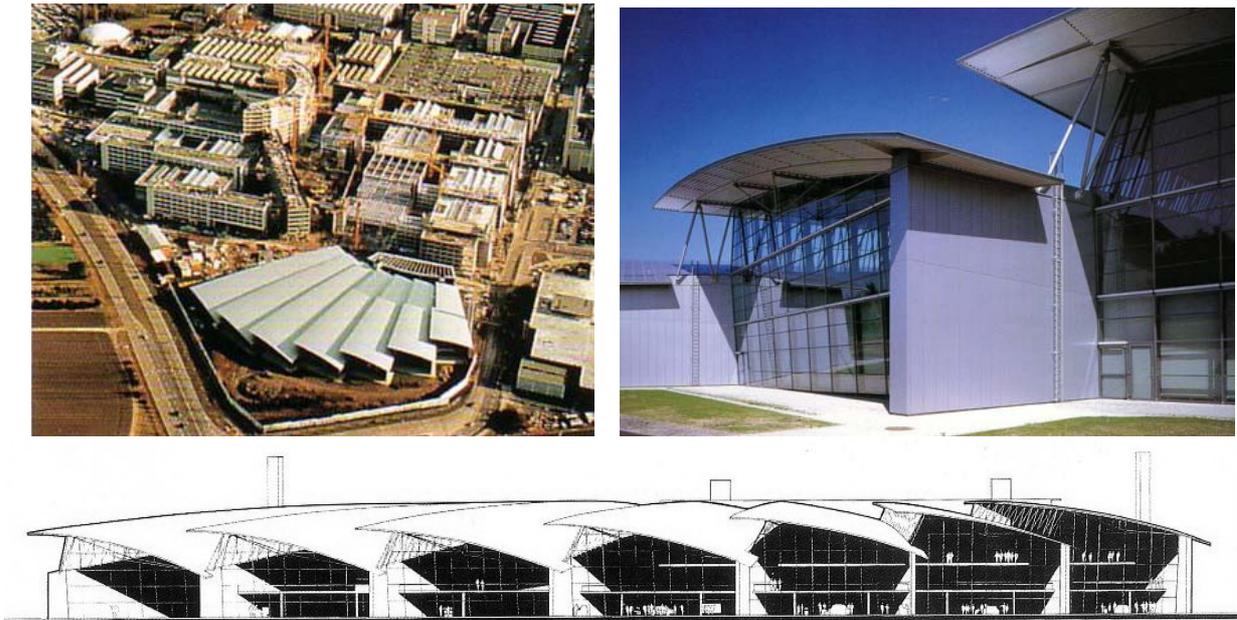
Fonte: Busse (2000, p.53)

Figura 3.42 – Projeto de Fumihiko Maki, Pavilhão Tepia, Tóquio, 1989.

A nova tendência, segundo Pahl (1999), da *estética da mensagem*, aliada à valorização do edifício industrial como marca do produto, conduziu a que a forma da cobertura tradicional de indústrias de grande parte do século XX, desde o movimento moderno, fosse em muitos casos substituída, considerando-se o plano horizontal, desde então, como um dos elementos de maior força na composição e procurando, através de coberturas com formas movimentadas, tornar a composição mais atrativa (Figuras 3.43, 3.44). Essa nova tendência de valorização do plano horizontal, por meio de soluções em que a dimensão tecnológica é extremamente valorizada por materiais, técnicas e formas, remete às coberturas das estufas, de estações ferroviárias e pavilhões de exposições da segunda metade do século XIX, onde a riqueza formal do período era fruto de um grande desenvolvimento técnico e de grande valorização do peso da cobertura na composição.

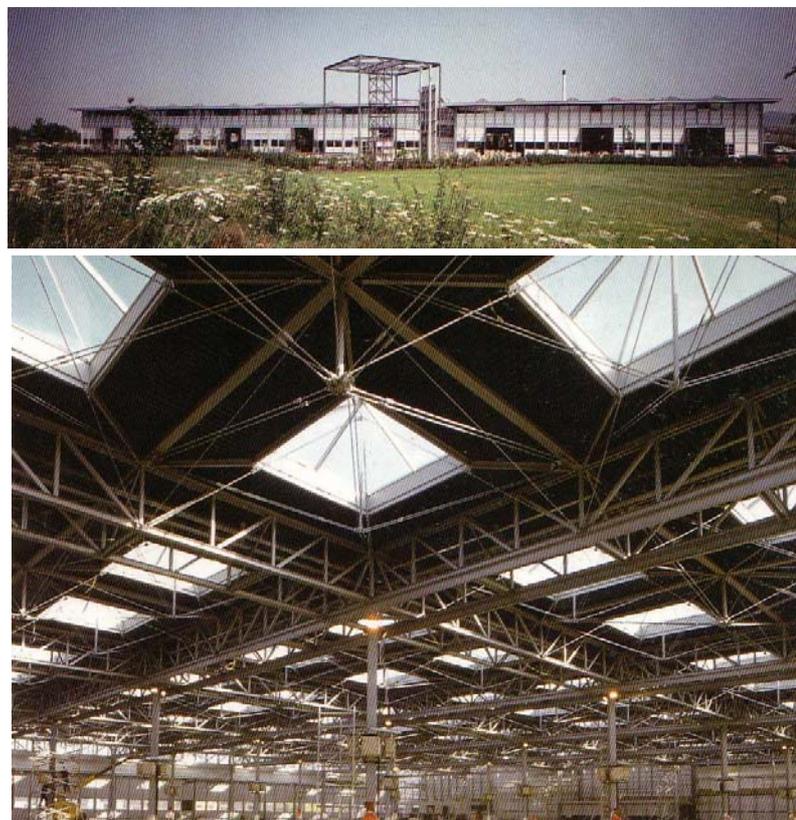
O ecletismo tecnicista apresentado neste item refere-se, na verdade, à variedade de formas e estilos praticados na virada do século XX, nos quais se verificam os diferentes graus de valorização da dimensão tecnológica e formal na projetualidade das coberturas de edifícios de grande vãos. Estilos como o *high-tech*, a arquitetura escultórica, o pós-moderno, o deconstrutivismo e a arquitetura integral apresentam na sua essência uma moderada e forte influência da dimensão tecnológica na sua caracterização. Nesse sentido, essa mescla de estilos, identificados a partir de uma variedade de formas e visões de arquitetura, gera na projetualidade de coberturas para edifícios com grandes vãos duas tendências (Figuras 3.43, 3.44).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais		
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos					
Revisão e panorama da questão	3.2.1. O telhado na Renascença e no Classicismo	3.2.2. As coberturas e.o. Ecletismo Tecnicista	3.2.3. A escola de Chicago e o telhado plano	3.2.4. A consolidação das técnicas da cobertura	3.2.5. A cobertura horizontal	3.2.6. Entre 1945 e 1980	3.2.7. Final do século XX	3.2.8. Aspec. da evolução histórica das coberturas



Fonte: Buchanan (2000, p.127-130)

Figura 3.43 – Tendências da projetualidade das coberturas de edifícios com grandes vãos no que tange à dimensão formal – Valorização da cobertura na composição. Projeto de Norman Foster, Centro da Mercedes Bens, Sindelfingen, Alemanha, 1993-98.



Fonte: Schulitz (1992:79)

Figura 3.44 – Tendências da projetualidade das coberturas de edifícios com grandes vãos no que tange à dimensão formal – A cobertura sem força na composição. Projeto de Detlef Schreiber, Fábrica de Montagem Stonehouse, Munique, 1988-90.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais		
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos			3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos					
Revisão e panorama da questão	3.2.1. O telhado na Renascença e no Classicismo	3.2.2. As coberturas e.o. Ecletismo	3.2.3. A escola de Chicago e o telhado plano	3.2.4. A consolidação das técnicas da cobertura	3.2.5. A cobertura horizontal	3.2.6. Entre 1945 e 1980	3.2.7. Final do século XX	3.2.8. Aspec. da evolução histórica das coberturas

A primeira tendência é a da cobertura como elemento secundário na composição, desempenhando atividades bioclimáticas, ativamente, caso mais comum, ou passivamente, conforme a arquitetura industrial *box in box*. A segunda tendência é a da cobertura como elemento primário na composição, ou seja, de grande importância, na qual o plano horizontal é explorado de forma escultórica, gerando um todo compositivo caracterizado pela força do elemento de arquitetura telhado, apresentando características bioclimáticas identificadas na primeira tendência (Figuras 3.43, e 3.44).

3.2.8 Aspectos da evolução histórica das coberturas

A conclusão do item 3.2 procura responder às seguintes perguntas: Como e quando as coberturas de edifícios com grandes vãos contribuíram para a projetualidade da arquitetura em geral? Como e quando as coberturas contribuíram para a projetualidade dos edifícios industriais?

3.2.8.1 Século XVIII

Considerando o caráter agrário dos edifícios industriais do começo da Revolução Industrial, caracteriza-se o papel da cobertura como vinculado ao cumprimento da função de proteção. Considerando as dimensões do edifício industrial, como também a composição formal da cobertura, verifica-se um importante papel na composição do edifício, porém o plano horizontal não contribui com a formação do caráter industrial. A inovação desse período foi oriunda da utilização das estruturas de ferro na estruturação de fechamentos verticais e horizontais. Conforme já apresentado, os edifícios industriais sempre incorporaram muito rapidamente as inovações da técnica da construção e, nesse período, incorporaram a estrutura metálica a coberturas e paredes.

3.2.8.2 Século XIX – Participação no desenvolvimento tecnológico

No século XIX, a cobertura participava ativamente como elemento de arquitetura de extrema importância para os edifícios que utilizavam as novas técnicas e estavam, portanto, fora do âmbito da arquitetura “de estilos” praticada no período. Na projetualidade das coberturas da arquitetura eclética tecnicista, caracterizada pelos projetos de estações de trem, estufas, indústrias e pavilhões de exposições, o plano horizontal foi um elemento de extrema força na composição. Na arquitetura clássica do século XIX, a cobertura “quase horizontal” não satisfaz as necessidades técnicas necessárias para a “forma desejada”, ou seja, o plano horizontal deveria possuir pouca inclinação em decorrência dos problemas de impermeabilização. Na segunda metade do século, o grande avanço tecnológico mudou o cenário no que tange à projetualidade das coberturas. Então, o desenvolvimento técnico do vidro levou a que através das coberturas fosse possível melhorar a ambiência térmico-lumínica

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais		
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos				3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos				
Revisão e panorama da questão	3.2.1. O telhado na Renascença e no Classicismo	3.2.2. As coberturas e.o. Ecletismo Tecnicista	3.2.3. A escola de Chicago e o telhado plano	3.2.4. A consolidação das técnicas da cobertura	3.2.5. A cobertura horizontal	3.2.6. Entre 1945 e 1980	3.2.7. Final do século XX	3.2.8. Aspec. da evolução histórica das coberturas

dos espaços de trabalho, pelas possibilidades de iluminação e ventilação com a ajuda do plano horizontal. As coberturas, nesse período, possibilitaram que as formas dos edifícios pudessem variar em função das necessidades de produção. Nesse sentido, a maior contribuição das coberturas no século XIX vincula-se à consolidação das novas técnicas do ferro e, mais tarde, do aço nos edifícios, que consolidaram a arquitetura tecnicista do período, ou seja, o plano horizontal participou ativamente da nova estética do ferro da segunda metade do século XIX.

3.2.8.3 Século XX - participação na consolidação da nova forma moderna.

No início do século XX, com o desenvolvimento do concreto armado, a cobertura pôde ser materializada por meio de uma imensa variedade de soluções técnicas. As soluções horizontais, utilizadas por Frank Lloyd Wright, geraram dois importantes aspectos para a projetualidade das coberturas: o primeiro diz respeito à forma, e o segundo, ao uso desse novo elemento. Na Europa, Adolf Loos foi o grande pioneiro dos telhados horizontais e terraços, através do projeto da casa Schau em Viena. Tanto o uso como a forma passariam mais tarde, a ser marcas registradas na arquitetura de Le Corbusier, através dos famosos terraços-jardins, configurando um dos cinco pontos do novo estilo. Esse novo uso se consolidaria na arquitetura das décadas posteriores; mais tarde, as coberturas verdes, trabalhadas por Le Corbusier, passaram a representar as aspirações da consciência ecológica de uma sociedade modificada. Portanto, a primeira metade do século XX foi o momento da história de consolidação do uso e da forma das coberturas horizontais, como marca registrada do estilo internacional.

3.2.8.4 A atualidade: participação na consolidação da pluralidade

Conforme já caracterizado na apresentação das coberturas para edifícios com grandes vãos no final do século XX, o grande desenvolvimento tecnológico, somado à nova “estética da mensagem”, levou a que a projetualidade das coberturas fosse caracterizada, no que tange à dimensão formal, por duas tendências distintas. A pluralidade de estilos de arquitetura praticados na atualidade respalda uma diversidade de soluções projetuais do plano horizontal, ora valorizado como elemento de força no todo compositivo, pela valorização das dimensões formal e tecnológica da sua projetualidade, ora trabalhado de forma discreta. Com base no entendimento histórico do papel da tecnologia na projetualidade em geral, na compreensão da relação com a arquitetura dos últimos duzentos anos, mais especificamente com os edifícios industriais e com as coberturas de grande vãos e procurando estabelecer uma relação dinâmica entre o paradigma histórico, o elemento de arquitetura ou tipologia analisados e o emblema do período ou obra que retrata o momento, é necessário, agora, entender o papel da dimensão tecnológica no processo de concepção arquitetônica, a ser apresentada no capítulo 4 do trabalho. Posteriormente à análise, poder-se-á estudar a aplicabilidade do uso de modelos de apoio à decisão, no que tange às variáveis tecnológicas e ambientais, na projetualidade das coberturas industriais.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais		
3.1. A projetualidade dos edifícios industriais nos últimos duzentos anos				3.2. A projetualidade das coberturas para edifícios de grandes vãos				
Revisão e panorama da questão	3.2.1. O telhado na Renascença e no Classicismo	3.2.2. As coberturas e.o. Ecletismo Tecnicista	3.2.3. A escola de Chicago e o telhado plano	3.2.4. A consolidação das técnicas da cobertura	3.2.5. A cobertura horizontal	3.2.6. Entre 1945 e 1980	3.2.7. Final do século XX	3.2.8. Aspec. da evolução histórica das coberturas

4. DA PROJETUALIDADE PARA A CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA - ENTENDENDO O PAPEL DA DIMENSÃO TECNOLÓGICA

Revisão e panorama da questão

Antes da análise do papel da dimensão tecnológica na projetualidade em geral, apresenta-se uma rápida revisão da evolução do método de concepção arquitetônica, iniciando pela publicação de Durand na segunda década do século XIX. Segundo Martinez (2000, p.21), no início do século XIX, com a publicação de *Précis des leçons d'architecture à l'École Royale Polytechnique*, Durand legalizou as práticas projetuais das décadas que haviam precedido o seu curso. Nas principais bibliografias que tratam do tema, o livro de Durand de 1819 é considerado como uma primeira sistematização do processo de desenvolvimento do projeto arquitetônico. Mahfuz (1995, p.19) afirma que no método *Beaux-Arts* o primeiro passo era o desenvolvimento de um parti, ou partido, que vinha a ser a concepção mais básica de um edifício. Segundo o autor, para a tradição acadêmica, o partido era um esquema diagramático de um edifício, uma idéia conceitual genérica, carregando consigo, ao mesmo tempo, as noções de reunião e divisão. “Depois da geração do partido, segue-se seu desenvolvimento, *l'esquisse*, um estudo no qual ficam definidas suas características principais. *L'esquisse* é geralmente considerado o todo ao qual as partes estão subordinadas.” (MAHFUZ, 1995).

Martinez (2000, p.24), apresentando as etapas de desenvolvimento do método *Beaux-Arts*, afirma que

(...)a invenção do objeto arquitetônico como uma disposição de massas ou volumes, registrados no papel em duas dimensões, darão origem a uma planta ou plantas, como produto da etapa de esquisse; seu desenvolvimento posterior no rigor dos estilos ou no ecletismo (ocorrem ambas as possibilidades), juntamente com a indiferença pelos problemas estruturais, gera uma seqüência de projeto que não apenas vai do geral para o particular, que pode ser universalmente válida ou apresentar algumas exceções, senão que promove como seqüência normal de projeto a consideração sucessiva das projeções, tendo primazia a planta, por razões de praticidade no domínio do objeto, e sendo adiada a consideração das aparências tridimensionais que de algum modo estão implícitas na planta. (MARTINEZ, 2000, p.24).

Portanto, definia-se a planta segundo um rigor compositivo e elevavam-se as paredes, que eram revestidas de um determinado estilo. Esse rigor compositivo, marcado pela utilização de eixos, como também, principalmente, pela simetria, era característica da primeira metade do século XIX; já, na segunda metade, o romantismo desprende-se do rigor. Ainda no contexto do método *Beaux-Arts*, Martinez (2000, p.24) relata que não existia o ensino da construção, ou estava defasado, e que nesse período estava ocorrendo a arquitetura do ferro. Segundo o

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

autor, os estudantes de arquitetura não consideravam verdadeiramente as necessidades construtivas, limitando-se a deixar espessuras nas plantas e cortes para a construção dos planos verticais e horizontais.

Gromort (1983, p.212) apud Jantzen (2003, Texto 08) afirma que o partido, tradicionalmente, possuía um *espírito*, que era uma combinação de aspectos e operações de projeto. O primeiro componente do espírito era o atendimento ao programa; encontrar uma ordenação espacial que fosse adequada para a distribuição dos espaços básicos e dos volumes de base que atenderiam o programa; o segundo componente era a adequação ao terreno, ao sítio urbano, ou ao local em que seria implantado o partido; o terceiro era o caráter.

Ainda no contexto do método de composição, Mahfuz (1996, p.99) afirma que, na segunda metade do século XIX, a composição passou a ser um procedimento segundo o qual o artista criava a partir “do nada”, de acordo com leis geradas no interior da própria obra. Essa noção progressista da composição como liberdade artística, oriunda do romantismo, foi fundamental na formação das vanguardas modernas, tanto artísticas como arquitetônicas, cuja produção se apoiava no uso da composição como arranjo livre de partes e cuja função servia como pretexto para experimentações formais. Martinez (2000, p.25) estabelece uma relação entre o método *Beaux-Arts* e o método racionalista da segunda década do século XX, em virtude da dependência de ambas as formas de compor pelo desenvolvimento inicial da planta. Independentemente dessa relação, é importante apresentar alguns aspectos da forma modernista de projetar. Segundo De Fusco (1967, p.11-13) apud Martinez (2000, p.25), o esquema inicial gerado pelos arquitetos modernistas permitia todas as elaborações, experimentos e hipóteses sugeridas pela função no campo teórico e prático, ao mesmo tempo em que deixava abertas numerosas possibilidades formais. “Ninguém negaria a revolução formal da arquitetura do século XX, sua libertação do peso dos estilos. Contudo, é importante constatar a ausência de uma revolução metodológica semelhante no projetar.” (MARTINEZ, 2000, p.25).

A comparação apresentada por Martinez (2000, p.26) entre os procedimentos de projeto acadêmico e funcionalista é caracterizada por diferenças vinculadas aos seguintes temas: a presença de idéias prévias e repertórios de formas, a relação entre as partes, o lançamento do partido, o desenvolvimento e o pensamento estrutural da forma de produção do edifício.

Ainda no âmbito da projetualidade em geral no modernismo, durante o início e desenvolvimento do século XX, Martinez (2000, p.89) afirma que, se, por um lado, o funcionalismo é a busca de novos tipos ou modelos, por outro, é a busca da inovação, do detalhe, do novo, e a recusa de toda a tipologia, até mesmo daquela do próprio movimento moderno.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

”Nesse panorama, a sistematização do projeto, que surge nas décadas de 1950 e 1960, aparece como uma tentativa de disciplinar o funcionalismo, de circunscrever o problema, prestando atenção ao processo projetual, porém do ângulo do panorama da arquitetura.” (MARTINEZ, 2000, p.89).

Mahfuz (1996, p.101) relata que, desde a década de 1970, a definição do sistema projetual a ser utilizado no desenvolvimento de um projeto passou a ser livre, deixando, portanto, de existir um imperativo moral que levasse os arquitetos a trabalharem de uma maneira ou outra.

O trabalho do arquiteto se tornou mais difícil, porque é preciso desenvolver um sentido crítico muito aguçado que nos permita escolher com um mínimo de coerência as estratégias compositivas/formais/espaciais/construtivas que vamos empregar em cada trabalho. Composição correta e caráter adequado não podem ser definidos de maneira permanente. A relativização destes dois conceitos vai depender sempre da confrontação das escolhas feitas com o programa a que o objeto deve atender e o contexto físico/cultural/sócio-econômico em que ele se insere. Essa afirmação é válida tanto para a atividade de projeto quanto para a crítica de arquitetura: nenhuma análise pode prender-se unicamente ao gosto pessoal do crítico. (MAHFUZ, 1996, p.99-101).

O início do desenvolvimento de um projeto, segundo Mahfuz (1995, p.22), é caracterizado pela definição do problema, o qual é vinculado à análise dos imperativos do projeto, que são as necessidades programáticas, a herança cultural, as características climáticas e do sítio, e os recursos e materiais disponíveis. A interpretação do problema pode ser caracterizada através de duas maneiras: uma vinculada ao funcionalismo europeu, na qual a resolução se relaciona aos dados objetivos; na relação mais complexa, existe uma conceituação desse problema que é resolvido através de idéias vinculadas a um conceito geral. Na conceituação de Mahfuz (1995), fica clara a necessidade de os projetos de arquitetura serem desenvolvidos segundo um conceito geral, que determinará a forma de organizar as partes de um todo compositivo. O autor afirma que pela síntese inicial das partes conceituais é formado o “todo conceitual”, uma idéia forte, um fio condutor, em volta do qual a materialidade do edifício se tornará realidade.

Além da necessidade dos conceitos, outros autores, como Oliveira (2003, p.02), mencionam a necessidade de o todo construído extrapolar o cumprimento das necessidades funcionais, como também o emprego de adequadas tecnologias, quanto aos aspectos cognitivos da forma, ou seja, além do cumprimento das necessidades funcionais e tecnológicas, é necessário que a forma simbolize algo. Assim, o todo conceitual tem a responsabilidade de diferenciar o todo construído com significado de um que caracterize uma *arquitetura banal*.²

² Arquitetura Banal – Conceito utilizado por Mahfuz (1995:32), apresentado na Figura 4.2, o qual é ilustrado esquematicamente no processo de projeto arquitetônico; arquitetura sem significado.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

O partido, que contém os imperativos de projeto, é uma transição, um processo intermediário entre o todo conceitual e o todo construído. No caso da definição de uma cobertura de uma edificação qualquer, é o momento da escolha do elemento de arquitetura, considerando que, no partido, a resolução formal já está em grande parte contemplada. Essa passagem do todo conceitual para o todo construído, que é o produto final de um projeto arquitetônico, será explorada no item 4.1. É importante apresentar aqui, segundo Mahfuz (1995, p.24-25), a complexidade da passagem do partido para o todo construído, no qual, em decorrência da riqueza de detalhes das partes materiais, é gerada uma multiplicidade de conexões entre as partes e a idéia principal, ou seja, em decorrência da complexidade dos elementos de arquitetura. Essa complexidade é definida por diferentes dimensões presentes na arquitetura, dentre as quais pode ser destacada também a tecnológica. Ainda nesse contexto, Jantzen (2003, Texto 09) afirma:

(...)a solução do problema de projeto é sempre a coordenação criativa (que cria unidade) das soluções dos subproblemas que foram detalhados a partir daquele problema maior. O que há para coordenar, então, a partir dos subproblemas? Há questões de forma, configuração de elementos, de funcionamento, de utilização específica de espaços, de escolhas de sistemas estruturais adequados, de materiais e de tecnologias e suas respectivas adaptações, de relações com o entorno da futura obra, de vínculos com o ambiente natural e uma série de outras particularidades que aí podem ser agregadas. Também há questões culturais, de valor simbólico de sítios, ou de valor histórico. Há questões de convívios humanos e muitas outras...

Considerando a problematização da complexidade da escolha dos elementos de arquitetura durante a transição do todo conceitual para o todo construído, objetiva-se no item 4.1 situar a dimensão tecnológica dentro do processo de projeto, discutindo, posteriormente, a sua complexidade, como também a impossibilidade de quantificar o todo construído, pela busca e avaliação de diferentes possibilidades de escolha dos arquitetos para distintas soluções de projeto, no que tange às dimensões formal e funcional, em razão da complexidade dos aspectos qualitativos presentes na decisão.

4.1. Contexto da decisão arquitetônica – situando a dimensão tecnológica

Considerando a destacada complexidade da passagem do todo conceitual para o construído, num dinâmico jogo de relações e conexões entre os elementos de arquitetura e os princípios que estruturam uma proposta de projeto, é necessário, inicialmente, entender o processo de concepção, através de uma abordagem sucinta, utilizando as definições de Mahfuz (1995). Ainda, é importante a compreensão do modo como as partes são organizadas.

A Figura 4.1 apresenta, esquematicamente, segundo Mahfuz (1995, p.32), o processo do projeto arquitetônico. O projeto começa pelos dados objetivos caracterizados pelo programa, que é modificado através de uma imagem, definida por conceitos vinculados às diferentes

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

dimensões presentes na projetualidade da arquitetura em geral. Essa conceituação leva ao todo conceitual, o qual, posteriormente, é materializado através de um partido.

Nessa passagem do todo conceitual - definido por Mahfuz (1995, p.25) como algo que ainda não tem forma, não tem presença, é impessoal e existe apenas na imaginação - para o todo construído, que é apresentado como um artefato constituído por partes organizadas com base num partido, o qual é composto por elementos conceituais regidos por um princípio de organização, é necessário, primeiramente, entender como o todo gerado por partes é organizado, ou seja, que informações importantes na materialização do objeto construído devem ser observadas nesse momento.

Nesse processo de materialização do todo construído, a definição dos elementos de arquitetura relaciona-se diretamente com a ênfase da dimensão tecnológica considerada na projetualidade do edifício desenvolvido. Nesse momento, para diferentes valorizações dos aspectos tecnológicos na composição de uma edificação existem distintos papéis da dimensão, conforme apresentados no capítulo 2. A valorização dos aspectos vincula-se diretamente aos diferentes tipos de consideração da dimensão tecnológica na projetualidade, ou seja, as maiores ênfases dadas aos elementos construtivos na composição são encontradas na dimensão representativa extrusiva e intrusiva, como também na funcional representativa. Esses aspectos serão mais bem explorados ainda neste capítulo, procurando-se estabelecer, dentro da complexidade da passagem do todo conceitual para o construído, a relação entre as diferentes considerações da dimensão tecnológica e os problemas da escolha e definição dos elementos de arquitetura. Procurando entender melhor o processo de materialização da edificação, apresenta-se, primeiramente, como as partes que compõem o todo compositivo, segundo Mahfuz, se organizam.

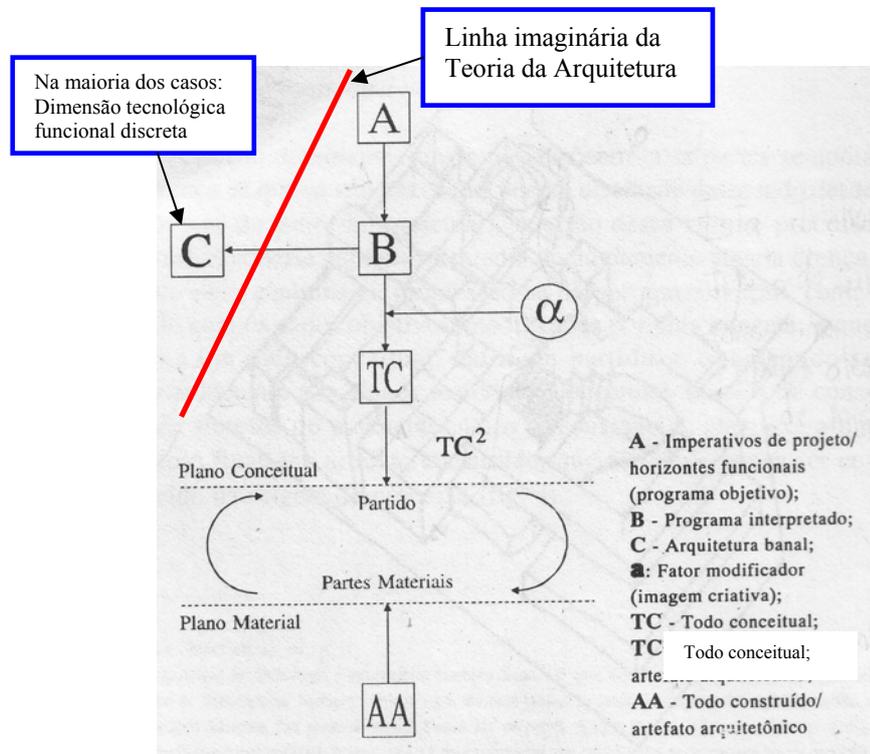
Mahfuz afirma que um todo arquitetônico é um fenômeno complexo composto de elementos heterogêneos, que são unificados por um princípio estruturante. “Ele passa a existir através de suas partes, ou seja, é criado por meio de um processo no qual a parte é a unidade básica de produção.” (MAHFUZ, 1995, p.36). E continua o autor:

Os elementos arquitetônicos ou partes podem ser definidos topologicamente ou geometricamente. A topologia é uma área do conhecimento matemático que não lida com ângulos, distâncias e áreas, mas se baseia em relações tais como proximidade, fechamento, sucessão e continuidade. (SCHULZ, p. 44) apud (MAHFUZ, 1995, p. 48). A geometrização de elementos acentua qualidades gestálticas particulares, dando-lhes caráter figural, e confere-lhes a possibilidade de constituírem-se de várias estruturas relacionadas hierarquicamente, o que os habilita a absolverem diferentes significados ao mesmo tempo. (MAHFUZ, 1995, p. 48).

Ainda em Mahfuz (1995, p.115), é observada a definição das relações estruturais que organizam as partes de um todo compositivo, classificadas em funcionais e morfológicas. Essas relações são princípios estruturadores da concepção do edifício construído, visto que a

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

presença e utilização desses conceitos é um dos fatores que diferencia a arquitetura banal daquela com significado.



Fonte: Modificado de Mahfuz (1995, p.32).

Figura 4.1 – O processo de projeto arquitetônico.

As morfológicas são livres de juízo de valor, pois se referem somente às propriedades físicas dos artefatos. As relações funcionais se referem aos propósitos subjacentes à escolha de uma determinada configuração para cada parte e de uma relação morfológica específica para um conjunto de partes. (MAHFUZ, 1995, p.16).

As relações funcionais, segundo o autor, com base na consideração de que as atividades humanas consistem basicamente em interações entre sujeito(s) e objeto(s), são agrupadas em quatro funções: *prática, teórica, simbólica e estética*. As morfológicas podem ser *geométricas* ou *topológicas*.

As relações topológicas, ao contrário das geométricas, não se baseiam em ângulos permanentes, distâncias ou áreas definidas. Elas se baseiam em esquemas como proximidade, separação, sucessão, fechamento, e continuidade. Relações geométricas podem ser definidas como esquemas de organização das partes de um todo em relação a um ponto, uma linha, a um sistema de coordenadas, ou a partir de um sólido elementar. (MAHFUZ, 1995, p.122).

Com base no conhecimento das formas de organizar as partes, como também na necessidade da presença da conceituação de uma proposta arquitetônica, enquanto aspectos vinculados às diferentes dimensões presentes na projetualidade da arquitetura em geral como forma de transformação do programa e posterior geração do partido, é possível conceber um edifício. A discussão a ser desenvolvida objetiva o melhor entendimento do processo de escolha e definição dos elementos de arquitetura nessa fronteira entre o todo conceitual e o

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. Modelos como formação de repertório de projeto	

todo construído. O que acontece quando o arquiteto valoriza, nesse momento de conceituação da sua proposta arquitetônica, a dimensão tecnológica presente na projetualidade de um determinado elemento da construção? O que acontece quando ele não valoriza determinada ênfase e escolhe esse elemento aleatoriamente? Qual a relação entre as diferentes ênfases dadas às dimensões tecnológicas presentes na projetualidade de um edifício e os problemas das escolhas dos elementos de arquitetura?

É importante, mais uma vez, caracterizar o momento da definição dos elementos de arquitetura. Mahfuz (1995, p.115-116) afirma que o plano conceitual é transcendido quando o todo conceitual começa a ser materializado, primeiro, através da sua transformação em partido, que interage com as partes físicas durante o seu desenvolvimento, as quais, finalmente, constituem o todo material, que é o artefato arquitetônico. No cruzamento da fronteira entre os planos conceitual e material, o partido pode ser mudado pelas partes físicas. O maior ou menor cuidado com a escolha dos elementos de arquitetura vincula-se a muitos aspectos, desde particularidades do projetista, até mesmo as características da escola onde ele estudou. Contudo, independentemente nesse complexo contexto, um aspecto pode ser mencionado: o grau de definição dos elementos de arquitetura chaves em um projeto de um determinado edifício vincula-se diretamente ao grau de valorização da dimensão tecnológica presente no método de trabalho do arquiteto projetista.

Conforme já apresentado no item 2.1.1, atualmente estão presentes diferentes ênfases da dimensão tecnológica na projetualidade da arquitetura em geral, cada uma com características específicas quanto ao papel dos aspectos construtivos no objeto projetado. Tais ênfases são as seguintes: dimensão tecnológica funcional discreta, representativa, e representativa extrusiva e intrusiva. São apresentados na seqüência do trabalho croquis de projetos de Norman Foster nas décadas de 1970 e 1980, procurando estabelecer uma relação entre a valorização dos aspectos tecnológicos e o método de projeto. Os três projetos apresentados são o Centro de Artes Visuais, na Inglaterra, 1974-1978, 1988-1991, o Banco Xangai, 1979-1986, na China, e o Centro de Distribuição da Renault, 1980-1983, na França.

O primeiro trabalho apresentado é o Centro de Artes Visuais na Inglaterra, o projeto inicial foi definido por um grande pavilhão horizontal, identificando um partido compacto implantado num terreno com considerável desnível. Segundo Blaser (1992, p.82), a resolução funcional foi definida com base num grande espaço conectado através de divisórias transparentes, iluminadas por um sistema de luz natural e artificial. O autor define a resolução funcional de Foster como revolucionária para a época; as áreas de armazenamento e *workshop* estavam localizadas no subsolo. O aspecto formal foi simplificado com a adoção de uma forma prismática retangular como configuração geral. Na análise do processo de concepção, inicialmente, é verificada, a partir das características do objeto construído, a presença

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

moderada³ da dimensão tecnológica na projetualidade da obra (Figura 4.2). É possível identificar a valorização da dimensão tecnológica durante a concepção do edifício, observando algumas características de ênfase de elementos de arquitetura que apresentam a materialização do edifício, presentes na ilustração. A estrutura é aparente, configurando a intenção de apresentar o modo como o edifício foi construído, e há a exploração da potencialidade da forma da estrutura treliçada. A partir da visualização da fachada lateral é possível identificar o corte transversal do edifício, entendendo como foi estruturado; o vidro cobrindo as circulações permite a visualização parcial dos espaços de circulação interior. Essas características evidenciam a presença moderada dos aspectos tecnológicos na composição geral do edifício, configurando, portanto, a dimensão funcional representativa.

Após a classificação do edifício quanto à ênfase da dimensão tecnológica na composição, é realizada a análise dos croquis de Norman Foster durante a fase de definição do partido arquitetônico, procurando-se entender de que maneira se pode relacionar o método de trabalho com as diferentes intensidades de consideração da dimensão tecnológica na projetualidade dos edifícios em geral.



Fonte: <http://www.pbase.com/kkkkkkengland/image/35107800>

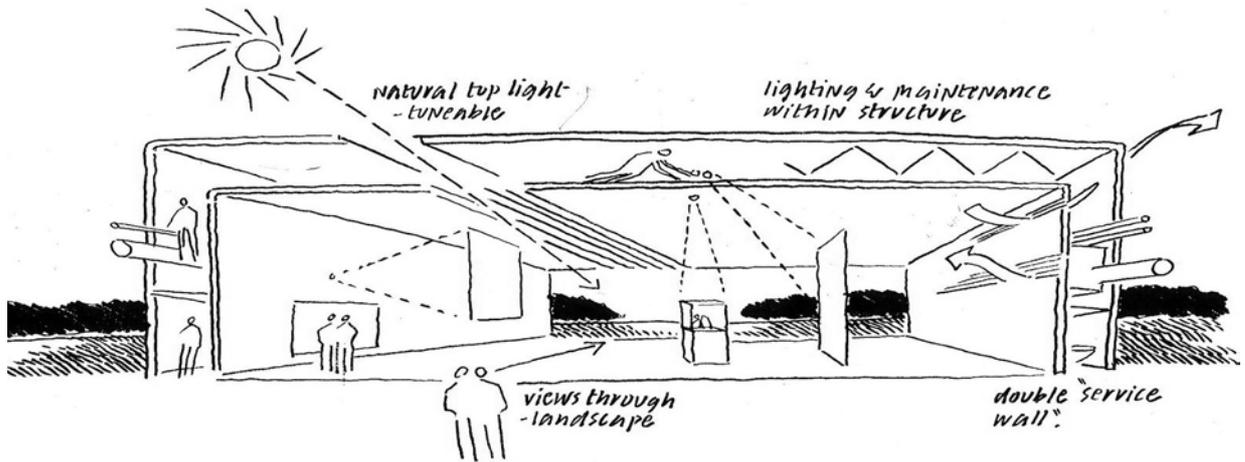
Figura 4.2 – Centro de Artes Visuais, Inglaterra, 1974-1978, Projeto de Norman Foster.

Nos croquis confeccionados por Foster ficam claras as preocupações do arquiteto em conceituar a sua proposta em todas as dimensões necessárias para o desenvolvimento do partido. A organização funcional, identificada nos primeiros croquis através do prédio de dois pavimentos e dos espaços internos fluidos; a concepção formal, caracterizada pelo volume prismático, configurando um partido compacto; a preocupação ambiental, através da interação da luz natural e artificial, como também através dos sistemas de climatização artificial, e, por último, a preocupação com os aspectos construtivos demonstram uma conceituação abrangente, que identifica uma visão global e integrada do objeto projetado. A dimensão tecnológica,

³ Classificação dada quando da presença da dimensão tecnológica funcional representativa. O arquiteto utiliza os elementos de arquitetura para a materialização do prédio, apresentando como o edifício é construído.

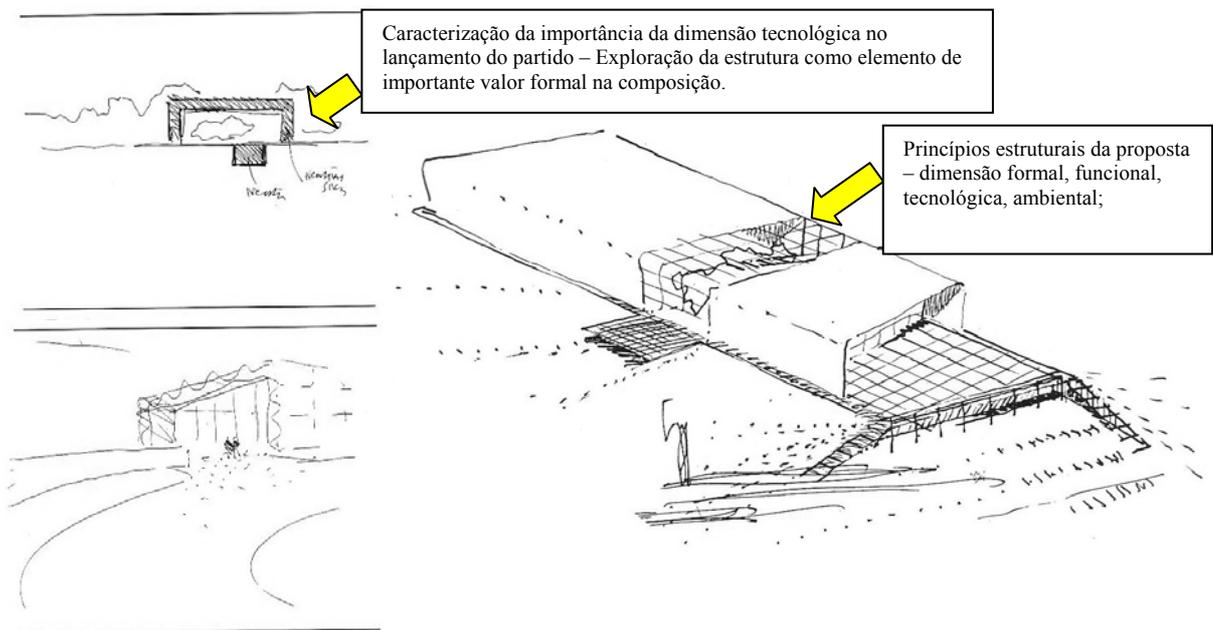
1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

conforme definida, é considerada importante aspecto do edifício, sendo utilizada para fazer o edifício “funcionar”, como também “apresentar” ao usuário como o Centro de Artes é materializado, através das estruturas aparentes. Caracteriza-se, portanto, a presença da dimensão *tecnológica funcional representativa* na projetualidade do edifício.



Fonte: Blaser (1992, p.84-88).

Figura 4.3 – Croquis de definição do partido, Todo Conceitual, Norman Foster, 1974, Centro de Artes Visuais, Inglaterra.



Fonte:Blaser (1992, p.84-88).

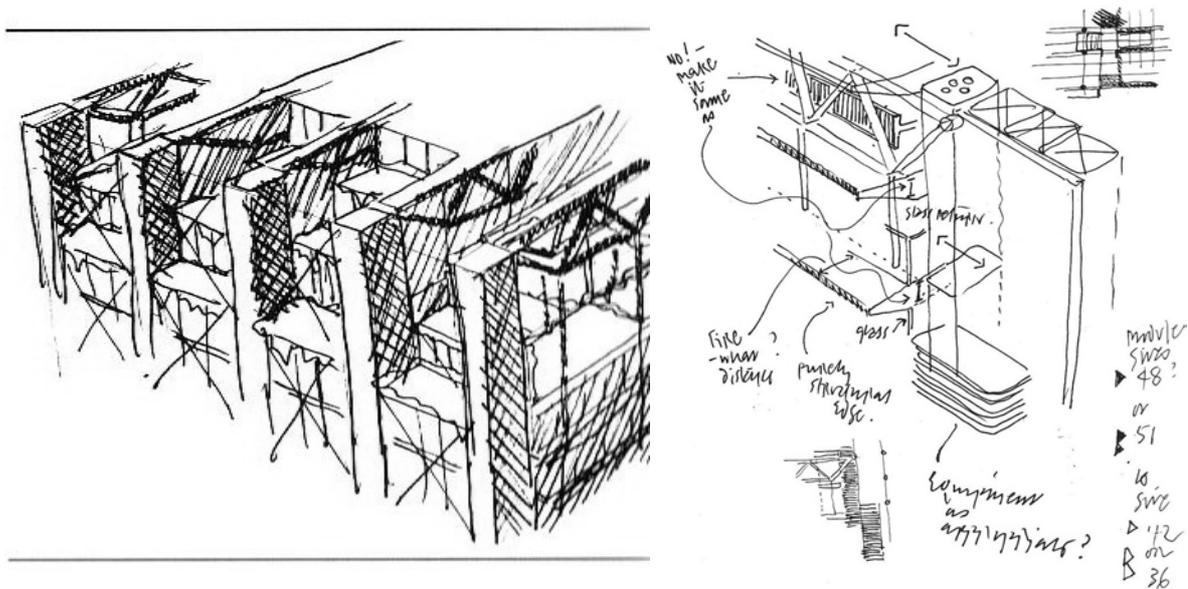
Figura 4.4 – Croquis de definição do partido, Todo Conceitual, Norman Foster, 1974, Centro de Artes Visuais, Inglaterra.

O segundo projeto a ser analisado é o do Banco Hong-Kong, na China, cujo autor é também o arquiteto inglês Norman Foster. Esse projeto é uma importante referência para o movimento *high-tech*, segundo Pahl (1999), o marco inicial desse estilo de arquitetura contemporâneo. No projeto do Banco Hong-Kong, pelos croquis de Foster é possível, mais uma vez, verificar a ampla conceituação do arquiteto no que tange às diferentes dimensões

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

conceituais da projetualidade em geral, com uma ênfase especial nos aspectos tecnológicos. Alguns princípios estruturadores ficam claros nos croquis; outros, no seu texto.

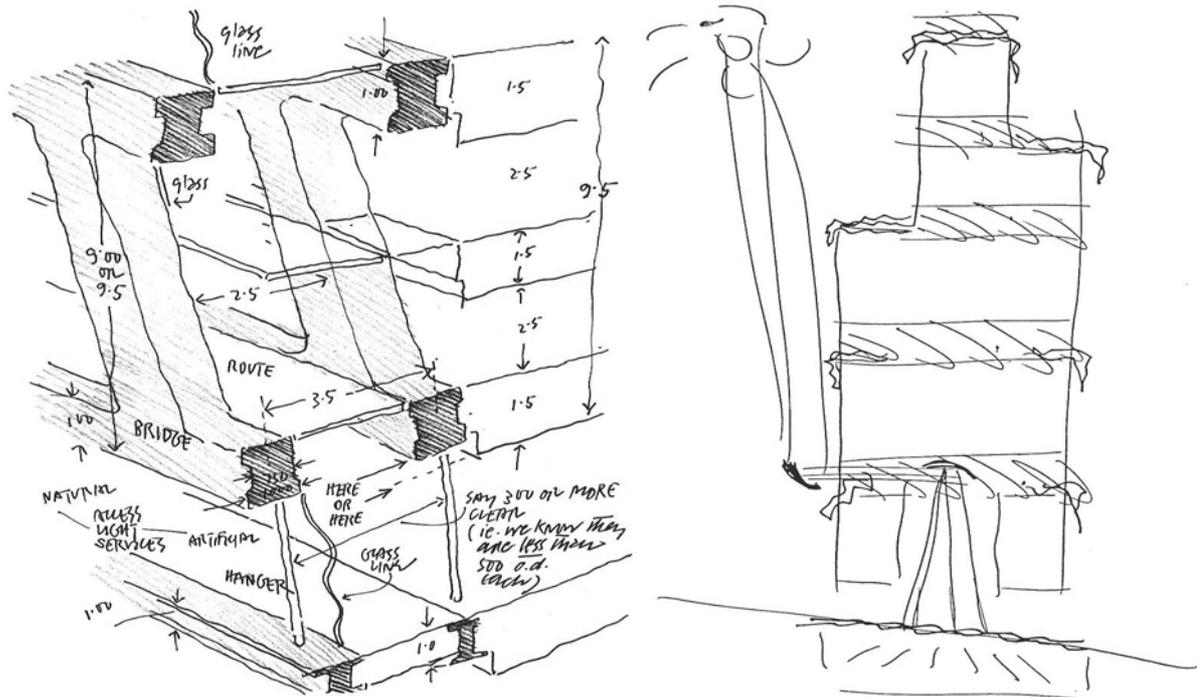
Com relação à dimensão formal, Foster procura, através de uma forma escultural, responder às exigências da silhueta espacial do contexto local; a composição é aditiva e a definição da resolução formal do prédio através dos croquis aponta para essa definição. Através da pele de vidro utilizada no edifício, ele procura reforçar o dinamismo presente num banco, caracterizando o caráter genérico de permeabilidade. Dentre os seus conceitos, é importante destacar também, no que tange à dimensão funcional do edifício, a preocupação com a visualização do porto. Ainda no mesmo âmbito conceitual, destaca-se a intenção da geração de áreas de convivências entre os diferentes andares, objetivando a criação de uma atmosfera específica, como também a presença da modulação como um condicionante da organização funcional. Os aspectos ambientais são caracterizados principalmente por uma imposição programática: a necessidade da ambiência das áreas de convivência interiores ser igual a dos espaços exteriores. Através da análise dos croquis de Foster é possível verificar, conforme afirmado, a variedade dos princípios estruturadores, porém o que chama a atenção do observador é o destaque dado aos detalhes técnicos presentes na definição do partido. Essa energia gasta na definição dos detalhes de elementos de grande peso na composição é que permite identificar a presença da dimensão *tecnológica representativa extrusiva*, que pode ser caracterizada pela maior depuração inicial dos detalhes técnicos do edifício projetado, conforme apresentado nas figuras 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8.



Fonte: Blaser (1992:121-135).

Figura 4.5 – Croquis de definição do partido, princípios estruturadores funcionais - Norman Foster, 1978, Banco Hong-Kong, China.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	



Fonte: Blaser (1992, p. 121-135)

Figura 4.8 – Croquis de definição do partido, princípios estruturadores tecnológicos -Norman Foster, 1978, Banco Hong-Kong, China.

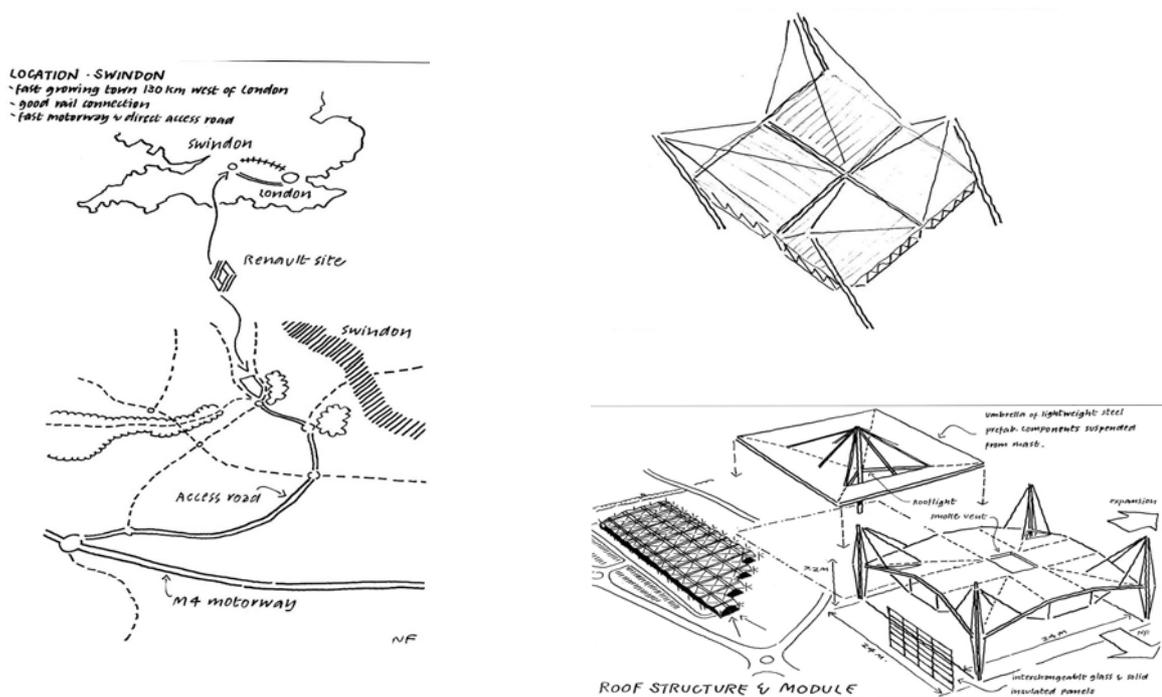
O terceiro projeto a ser analisado é o Centro de Distribuição da Renault, na França, projeto de Norman Foster de 1983. Inicialmente, um aspecto importante a ser apresentado são as discussões iniciais entre Norman Foster e os responsáveis pela contratação do projeto. Blaser (1992, p.137) relata que, na primeira reunião, Foster, considerando a sua experiência com a construção de edifícios industriais na Inglaterra, enfatizou os aspectos referentes a custos e performance, ao passo que a Renault deu ênfase à qualidade da arquitetura, enquanto manifestação formal. Esse aspecto, mais tarde, seria confirmado pela consideração da obra como instrumento de propaganda da empresa para várias partes do mundo. No que tange aos aspectos vinculados à organização formal da fábrica, observa-se um partido decomposto, caracterizado por uma composição aditiva, organizada por uma modulação. A organização modular é fomentada pelas necessidades de expansão, princípio básico do projeto de uma indústria.

Um aspecto interessante a ser mencionado é a modulação utilizada por Foster. O módulo possui 24 m por 24 m e é configurado por uma estrutura metálica atirantada que sustenta um telhado, conforme a Figura 4.9. Um segundo importante aspecto referente à modulação é a característica formal do elemento, no qual se verifica a estrutura externamente sustentando a cobertura por meio de cabos de aço, configurando um elemento de valor formal, ou seja, os aspectos construtivos vinculados aos sistemas estruturais são apresentados e valorizados como o “destaque” da composição (Figura 4.9).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. Modelos como formação de repertório de projeto	

No todo compositivo do Centro de Distribuição da Renault, a cobertura tem um grande peso na composição. Aspectos como a ligação do centro com o sistema viário local, importante informação no projeto de uma indústria, são analisados nesse estudo inicial (Figura 4.9).

Ainda dentro da caracterização do todo conceitual do referido edifício industrial, verifica-se uma preocupação com os aspectos ambientais pela análise esquemática do movimento aparente do sol, conforme a Figura 4.11. Nesse estudo, Foster analisa o controle da radiação solar direta e a possibilidade da difusa no ambiente interior pela definição de planos opacos e transparentes do telhado. A complexidade da solução do módulo é trabalhada com base em vários croquis de detalhamento do elemento. Essa preocupação com o detalhe antes mesmo da definição final do partido demonstra o peso da dimensão tecnológica na proposta do referido prédio. A exploração do elemento estrutural como característica de destaque na composição caracteriza a ênfase tecnológica presente na formação do todo conceitual e na posterior materialização da proposta como representativa extrusiva.



Fonte: Blaser (1992, p. 136-144)

Figura 4.9 – Croquis de definição do partido, princípios estruturadores funcionais -Norman Foster, 1983, Centro de Distribuição da Renault.

Nas três propostas analisadas, verifica-se uma preocupação do arquiteto inglês em responder às diferentes dimensões presentes na projetualidade dos edifícios em geral durante a fase de criação e de materialização do todo conceitual. Nos projetos do Centro de Distribuição da Renault, como também no do Banco Hong-Kong, verifica-se um maior peso de determinados elementos de arquitetura, como a estrutura, por exemplo, na composição das edificações. A estrutura “mostra” como o edifício é construído e, ao mesmo tempo, tem uma “responsabilidade formal” na formação do todo construído. No caso dos projetos analisados, a

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

estrutura “apresentada” não é uma simples resolução técnica, mas um elemento de interessante valor formal, destacando a tecnologia presente nas edificações, ou seja, os elementos de arquitetura, que serviriam de “meios de materialização do edifício”, assumem o papel principal na composição em razão das formas ousadas e dos materiais que desde séculos passados, através do caráter imediato, sempre estiveram ligados à idéia de desenvolvimento tecnológico, como o aço e o vidro.

Esse é o primeiro ponto interessante a ser enfatizado: o todo conceitual idealizado a partir da valorização de elementos que possuem, tradicionalmente, funções de estruturação, sustentação e proteção da edificação, vincula-se à ênfase na dimensão tecnológica representativa extrusiva, e a definição do todo construído tem no desenvolvimento do todo conceitual a presença do detalhamento dos elementos de arquitetura de grande valor formal na composição; por sua vez, as demais dimensões são tratadas com base em definições mais gerais.

Utilizando o processo de desenvolvimento de projeto descrito por Mahfuz (1995), intui-se, inicialmente, que os problemas vinculados à não-consideração dos aspectos tecnológicos no desenvolvimento de projetos arquitetônicos podem relacionar-se à arquitetura “banal”, na qual o efeito de uma imagem transformadora na resolução do programa e, mais tarde, na definição do partido e na materialização através do todo construído, não é observada. Significa que o programa é resolvido de forma objetiva, sem considerar princípios estruturadores que qualifiquem o produto e dêem significado ao elemento gerado. Geralmente, no contexto da arquitetura “banal” é observada a ênfase na dimensão tecnológica funcional discreta, caracterizada pelo uso dos aspectos construtivos apenas como forma de viabilizar o “funcionamento” do edifício. Não se pode afirmar que toda a arquitetura banal apresenta a dimensão tecnológica funcional discreta, todavia, considerando a ausência de conceitos, a probabilidade de tal dimensão ser abordada como as demais é grande e, nesse sentido, a probabilidade da ausência de conceitos deve ser vislumbrada. Esse é o segundo importante aspecto a ser concluído nesse item.

A terceira importante constatação vincula-se à escolha dos elementos de arquitetura. É necessário salientar a relação do tema com o método de desenvolvimento de projeto dos arquitetos, ou seja, o domínio da tecnologia, caracterizado aqui pela escolha dos elementos de arquitetura, vincula-se, inicialmente, à necessidade de conceituação da dimensão tecnológica na configuração do todo conceitual, não à materialização posterior, quando da presença do todo construído. Na definição dos princípios estruturadores que configuram o todo conceitual, como também na definição do partido, ou seja, no momento de passagem do todo conceitual para o todo construído, as definições iniciais devem estar acompanhadas da conceituação, e em alguns casos do detalhamento dos principais elementos de arquitetura, tais como: fechamentos externos verticais e horizontais, sistemas de climatização natural e artificial, entre outros. Mesmo quando a dimensão tecnológica possui moderada ênfase na composição, como é o caso

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

da funcional representativa, conforme projeto de Foster do Centro de Artes Visuais, observa-se o tratamento que lhe é dada ainda na fase de definição do todo conceitual. Essa constatação a necessidade de os aspectos tecnológicos serem também abordados antes da materialização inicial da edificação projetada, ou seja, os elementos de arquitetura não devem ser escolhidos e definidos após a resolução do todo construído, como atividade de complementação, mas como importante decisão a ser tomada durante o processo inicial de projeto.

A discussão do item a seguir vincula-se à utilização de modelos de apoio à decisão durante a fase de projeto. O objetivo inicial do item é mostrar que a utilização dos modelos como elementos de tomada de decisão, durante o desenvolvimento de um projeto arquitetônico, é inviável, visto a impossibilidade de quantificação do valor do todo construído com base na consideração da complexidade da projetualidade da arquitetura em geral.

4.2. A discussão da utilização de modelos de apoio à decisão – as possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável

Conforme caracterizado no final do capítulo anterior, a discussão sobre a utilização de modelos de decisão, no tocante a definições no desenvolvimento de projetos arquitetônicos, num primeiro momento, é entendida como inviável, visto que os indicadores de avaliação do projeto de uma edificação possuem uma carga qualitativa muito grande, tornando a tentativa de valoração através de algoritmos insensata. Aspectos como a estética, por exemplo, um conceito que tem sido mudado no decorrer dos anos, conceituada no Classicismo por Silva (1991, p.24), como vinculada explícita ou implicitamente à noção de ordem, à estética pitagórica e ao sentido da fórmula, chegando nos dias de hoje, segundo Pahl (1999, p.315), a uma verdade do edifício vinculada à interpretação de sua mensagem interna pelo usuário do espaço, inviabilizam a valoração de diferentes configurações do todo construído. Atualmente, o projetista aposta nos horizontes interpretativos de seu público, com o intuito de que interprete a sua obra, entenda a sua mensagem e identifique a sua verdade. Essa nova interpretação do conceito de estética vincula-se às mudanças da forma de pensamento da sociedade das décadas de 80 e 90. Segundo Jantzen (2004, informação verbal), a forma “arborescente” de pensar foi sendo substituída por uma forma “rizomática”. Pahl (1999, p.315) faz menção às mudanças vividas pela sociedade na atualidade e conceitua a nova definição de “beleza” da edificação tomando por base a identificação da sua verdade interna. Afirma que, atualmente, perante à pluralidade de pensamentos na arquitetura, a beleza das edificações está relacionada, primeiramente, à interação do usuário do espaço com o edifício, e o posterior entendimento da mensagem interna. É importante observar que as diferentes correntes de arquitetura na atualidade geram as suas próprias verdades e, conseqüentemente, as suas próprias belezas, visto a diversidade de posições do corpo teórico dos distintos movimentos.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

Retirado de concreto do nosso momento atual: não apenas, como na época do antigo Classicismo, umas das únicas “verdades” da relacionada convenção de arquitetura gerada hoje é a “beleza” nos seus efeitos sobre as pessoas, mas cada uma das perceptíveis correntes de Arquitetura atuais e do futuro, são capazes de terem (gerarem) as suas próprias verdades internas, e de fazerem criar essa percepção, podem com isso gerarem a sua própria beleza. (PAHL, 1999, p.315).

Tedeschi (1962, p.92) afirma que a análise das características formais e de modos de expressão artísticas possibilita a análise da obra arquitetônica, porém não permite, nem garante, o juízo estético sobre essa. Segundo Tedeschi (1962, p.93), a arquitetura não pode ser fragmentada quando se deseja um juízo de valor do objeto arquitetônico, por exemplo: a estética não pode ser avaliada somente com base na presença de um princípio compositivo. A discussão da impossibilidade da avaliação quantitativa do todo construído não se restringe apenas à questão estética, pois outros importantes aspectos presentes na projetualidade geral de uma edificação apresenta uma carga de informações qualitativas que impedem a sua avaliação quantitativa. Os aspectos apresentados a seguir de forma sucinta e caracterizados como indicadores da qualidade arquitetônica de uma edificação, estão vinculados às categorias de análise utilizadas por Waisman (1975), como elementos de estudo de uma tipologia arquitetônica, e contemplam as dimensões técnica, ambiental, formal, funcional e vinculadas ao entorno da edificação.

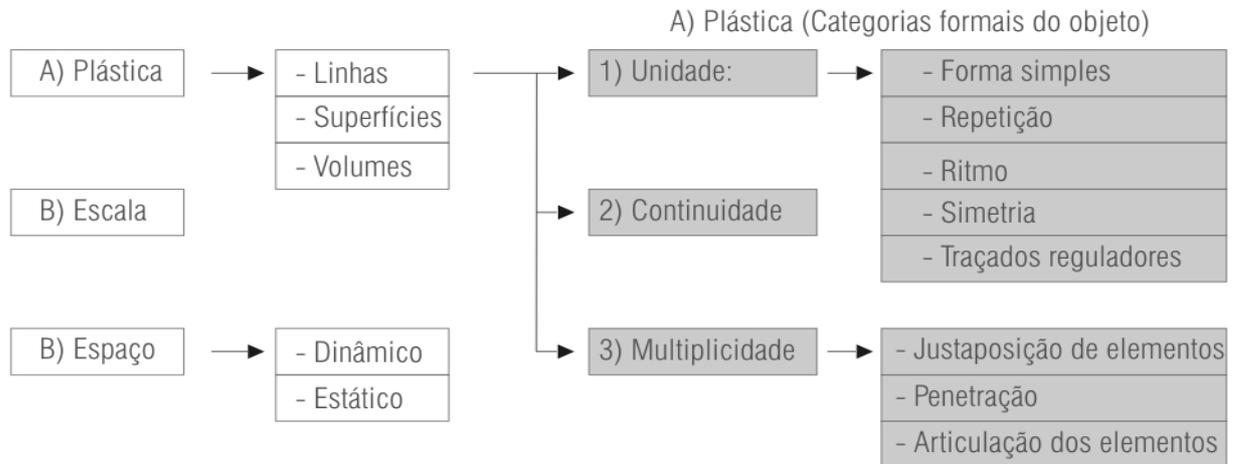
4.3. Dimensão formal, funcional e a relação com o entorno - a impossibilidade da totalidade quantificável

A forma

No âmbito da dimensão formal da projetualidade em geral, Mahfuz (1995, p.116) afirma que as relações estruturais morfológicas que organizam as formas são livres de qualquer juízo de valor, pois se referem somente às propriedades físicas dos artefatos. Contudo, ainda assim a dificuldade da valoração da escolha de um elemento de arquitetura está presente numa tentativa de quantificação das propriedades da forma. A análise deve ser do todo, porém, mesmo que isso seja possível, os aspectos referentes ao julgamento do gosto são complexos e vinculam-se, sobretudo, ao encontro do usuário com a obra. O próprio Pahl (1999, p.315), afirma que cada estilo pode gerar as suas próprias verdades. A forma pode, certamente, ser analisada através da sua fidelidade aos conceitos de quem a projetou, ou através de metodologias de análise presentes no cotidiano da teoria da arquitetura, porém chegar à valoração quantitativa está longe de ser uma realidade. Tedeschi (1962, p.95) esclarece que a forma pode ser analisada por meio de alguns aspectos, como *o espaço, a plástica e a escala*. A Figura 4.10 apresenta esquematicamente as categorias de análise da forma segundo o autor.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

Categorias de Análise da Forma



Fonte: Adaptado de Tedeschi (1962).

Figura 4.10 – Categorias de análise da forma segundo Tedeschi.

Ainda no âmbito do aspecto formal, a escolha poderia estar atrelada às diferentes formas de manifestação do caráter, classificadas e apresentadas segundo Mahfuz (1995). Pode-se, portanto, avaliar a presença de materiais, formas, escalas, entre outras características, todavia ainda assim, a avaliação estaria vinculada a aspectos qualitativos, não podendo ser quantificada. Mahfuz (1996, p.101) assinala que composição correta e caráter adequado não podem ser definidos de maneira permanente. A relativização desses dois conceitos vai depender sempre da confrontação das escolhas feitas com o programa a que o objeto deve atender e o contexto físico/cultural/socioeconômico em que se insere. “Essa afirmação é válida tanto para a atividade de projeto quanto para a crítica de arquitetura: nenhuma análise pode prender-se unicamente ao gosto pessoal do crítico.” (MAHFUZ, 1996, p.101).

Conforme Tedeschi (1962, p.99), existem duas maneiras de a forma impactar o usuário: pelo seu efeito escultural, vinculado às propriedades da forma, e por seu pictórico, relacionado aos aspectos que transcendem a própria concepção formal, ou simbólico. Ainda no âmbito da dimensão formal, como avaliar quantitativamente a relação do elemento de arquitetura analisado com a edificação e com o entorno simultaneamente? Waisman (1975, p.119) afirma que há a necessidade de que cada novo edifício estabeleça um diálogo com os já existentes ao seu redor, uma relação que pode ser dialética, mas que de algum modo há de constituir um todo vivo e harmônico que toma existência na rua. Talvez um dos elementos presentes no caminho de avaliação do todo conceitual e, posteriormente, do construído fosse a ética da cidade, por meio da relação do edifício com o seu entorno.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

Contudo, essas interligadas relações não podem ser analisadas de forma linear, caracterizadas por uma equação, visto que são complexas e dependem de um conjunto de aspectos vinculados entre si. O que transforma o edifício em arquitetura, segundo Tedeschi (1962, p.89), é o caráter da obra, é o significado que, por meio da interpretação é comunicado ao usuário. Como identificar numa análise da forma os conceitos do arquiteto, as verdades de quem realizou o projeto? Esses aspectos não podem ser mensurados em algoritmos de projeto, pois são essencialmente de natureza qualitativa, logo, a tentativa de quantificá-los não deve ser considerada, sob pena de se igualar a arquitetura com significado à produção banal, sem significado, como também de se desconsiderar o principal elemento nessa interação com o edifício - o usuário.

A função

As dimensões funcional e formal são caracterizadas por uma carga qualitativa de informações e teorias. Mahfuz (1995, p.16) explica que as relações estruturais funcionais que organizam as partes de um todo compositivo, apesar de redutíveis a seus aspectos morfológicos, referem-se aos propósitos subjacentes à escolha de uma determinada configuração para cada parte e de uma relação morfológica específica para uma coleção de partes. O autor afirma que as relações funcionais pertencem ao lado conceitual e subjetivo da composição. Uma primeira pergunta a ser considerada nessa abordagem inicial sobre a dimensão funcional está relacionada à possibilidade concreta de avaliação da interferência de elementos de arquitetura na função. Como avaliar essa relação? É possível avaliar? O contexto da análise tem um relação direta com essa pergunta, ou seja, dependendo da situação analisada, é possível comparar situações e definir melhores escolhas. Por exemplo: é possível verificar qual é a melhor posição de uma porta num determinado dormitório, assim como é possível comparar duas situações de projeto. Martinez (2000, p.47) afirma que não há grande interesse na avaliação do desempenho funcional de um edifício, em razão do pouco conhecimento sistematizado sobre o tema.

Poderíamos mencionar o livro de Christopher Alexander, *A pattern language*, o qual propõe a criação ou a confirmação de um repertório de soluções formais para problemas identificáveis. A dificuldade em mencionar outros estudos com semelhante divulgação demonstra claramente a ausência de um interesse sistemático em esclarecer se os edifícios projetados são realmente úteis como seus projetistas imaginaram. (MARTINEZ, 2000, p.47).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

Nesse sentido, Mahfuz refere que a avaliação da funcionalidade de um projeto apóia-se em precedentes tipológicos não ordenados logicamente, mas de acordo com a experiência ou a intuição do arquiteto. Mahfuz (1995, p.119) entende a funcionalidade em arquitetura não apenas como uma simples relação entre um indivíduo que define um propósito e o propósito que determina as formas e a organização de um artefato arquitetônico. O autor estuda o problema da função pela análise das interações possíveis entre o sujeito-objeto, as quais são classificadas em quatro grupos: prática, estética, simbólica e teórica.

Alguns indicadores explorados por autores comprometidos com os desafios da projetualidade em geral apresentam aspectos importantes da análise da função. Tedeschi (1962, p.131) enumera pelo menos dois interessantes aspectos: a possibilidade da comunicação dos espaços interiores com os exteriores, e o grau de dinamismo desses, que se relaciona também com a dimensão formal.

Mesmo existindo possibilidades e ferramentas de análise da dimensão funcional, depara-se com a impossibilidade da quantificação absoluta em decorrência do alto grau de subjetividade presente, como também pela dependência dos aspectos citados da individualidade do usuário que utiliza os espaços. Um segundo importante aspecto está vinculado à diversidade da produção atual, na qual se verificam diferentes abordagens quanto à organização dos espaços, ou seja, diferentes visões da relação objeto(espaço)-sujeito(homem).

4.4. Dimensão tecnológica e ambiental – a possibilidade da mensuração

Dentro da projetualidade da arquitetura em geral existe uma série de aspectos que possuem uma natureza quantificável, como a tecnologia, por exemplo. As características físicas de um material ou elemento de arquitetura permitem compará-lo com as propriedades de outro; assim, por meio da observação de normas de controle de qualidade é possível verificar a adequação do elemento a um desempenho ideal. O mesmo acontece com as variáveis ambientais. Apesar do grau de subjetividade de conceitos presentes na definição de conforto térmico, é possível, pela análise da interação de elementos de arquitetura com as variáveis climáticas, determinar a performance de partes materiais, como também se podem definir as exigências ideais de desempenho com a utilização de normas de qualidade dos ambientes construídos. Quando se analisam as dimensões tecnológica e ambiental de um elemento de

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

arquitetura, como uma cobertura, por exemplo, apesar da possibilidade da abordagem da análise quantitativa, é complexa a escolha da parte material em decorrência do grande número de aspectos presentes simultaneamente nas duas dimensões. O desempenho térmico, caracterizado pela ventilação, pelas propriedades térmicas das telhas; o acústico, caracterizado pelo isolamento acústico do telhado; o lumínico, identificado através da quantidade e tipo de radiação solar presente no ambiente interior; o relacionado à segurança, vinculado à resistência ao fogo do conjunto estrutura-telhado; o de estanqueidade, caracterizado pelo controle de entrada de umidade no ambiente interior; os aspectos sustentáveis, definidos pela análise do ciclo de vida dos produtos presentes nos materiais dos telhados, entre outros aspectos, devem ser considerados simultaneamente na decisão, avaliando-se as questões centrais de forma e função e todas as suas implicações. Esse conjunto de aspectos torna a decisão, no âmbito das dimensões tecnológica e ambiental, complexa.

Conforme apresentado inicialmente neste capítulo, a utilização de algoritmos como elementos de decisão durante a fase de concepção do projeto arquitetônico não é vista como um aspecto positivo, em razão da grande carga qualitativa presente nas dimensões formal e funcional da projetualidade da arquitetura em geral. Nesse sentido, são colocadas as seguintes perguntas: Existe alguma possibilidade de as ferramentas ajudarem a arquitetura? Em caso positivo, são elas necessárias? Caso necessárias e possíveis, como viabilizar a sua utilização? A resposta à primeira pergunta é “sim”, existem possibilidades de as ferramentas ajudarem a arquitetura, como fontes de conhecimento na projetualidade das dimensões tecnológica e ambiental. Essa possibilidade vincula-se a dois aspectos, que estão diretamente interligados: o primeiro está relacionado à complexidade da decisão, no tocante às dimensões tecnológica e ambiental, em virtude do grande número de variáveis envolvidas no processo; o segundo vincula-se à necessidade de valorização dos aspectos ambientais e tecnológicos na projetualidade da arquitetura em geral. Os aspectos ambientais já há algumas décadas estão presentes na prática projetual da arquitetura em geral, de forma deficitária e problemática. Tedeschi (1962, p.49) afirma que a prática ambiental da arquitetura já na década de 60 era tratada de forma empírica, levando a que a necessidade de determinações de técnicas precisas fosse uma constante na prática daquele momento. Aspectos como ventilação e iluminação eram tratados de forma empírica. Segundo Martinez (2000, p.47), a atitude de pouca valorização dos aspectos ambientais tem precedentes em muitas obras de arquitetura moderna que, durante décadas, foram apresentadas como exemplos de ensino. No que tange à dimensão tecnológica,

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

segundo Tedeschi (1962, p.37), o arquiteto deve conseguir com as suas realizações a melhor utilização dos elementos de arquitetura contidos na projetualidade em geral, ou seja, a tecnologia disponível deve ser aproveitada da melhor maneira possível. A viabilidade da construção, utilização e verificação real dos resultados da confecção de uma possível ferramenta de apoio à decisão, no tocante às dimensões tecnológica e ambiental, é apresentada no item 4.5. Nesse item, é destacada a viabilização do modelo para a análise de coberturas de indústrias como elemento de geração de repertório para o projeto de edifícios. Até aqui foi apenas definida a possibilidade da utilização de uma ferramenta de apoio à escolha de elementos de arquitetura, no que tange às dimensões tecnológica e ambiental. Posteriormente, nos capítulos 5 e 6, será desenvolvida uma ferramenta e serão analisados os resultados.

4.5. Os modelos de apoio à decisão enquanto formação de repertório de projeto

Conforme caracterizado no trabalho de Norman Foster, por meio do qual foi verificada a maior utilização da dimensão tecnológica funcional representativa e representativa extrusiva, a maior preocupação com aspectos tecnológicos gera projetos com soluções técnicas bem trabalhadas. A utilização das duas referidas ênfases da dimensão tecnológica não garante a ausência de problemas no que tange aos mencionados aspectos, porém diminui as chances de sua ocorrência já que o peso da dimensão nessas propostas é maior e, conseqüentemente, também o envolvimento. Assim como para a arquitetura em geral a “produção banal” não tem significado e é um problema identificado pela ausência de conceitos no desenvolvimento de um projeto, a ausência de conceitos pode representar no projeto de um edifício, no que tange aos aspectos tecnológicos, um problema, tornando-se muitas vezes um fator modificador da ambiência interna dos espaços construídos. Seria um pouco precipitado dizer que existe uma relação direta entre os problemas de cunho tecnológico na construção com a arquitetura banal e a presença da ênfase da dimensão tecnológica funcional discreta, visto que seria necessário, para comprovar a referida afirmação, o estudo de um grande número de projetos já desenvolvidos, visando elaborar uma análise estatística mais concreta. Contudo, é possível detectar o problema pela observação das características da arquitetura banal, como a simples resolução funcional do programa, sem a presença da *imagem modificadora*, sem princípios

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

estruturadores que tratem dos aspectos relacionados à forma, ao caráter do edifício, às questões ambientais.

Um exemplo típico ocorre junto à escolha de coberturas para edifícios de grandes vãos, que geram muitas vezes ambientes de trabalho insalubres, em decorrência dos problemas ambientais gerados, considerando que esse elemento é o maior responsável pelas trocas de energia entre os ambientes interior e exterior.

O desenvolvimento de ferramentas de apoio à decisão para a escolha de elementos de arquitetura considerando as dimensões tecnológica e ambiental pode, portanto, ser uma interessante forma de construção de repertório, já que, com a utilização de um modelo, pode-se verificar a presença e interação das diferentes variáveis tecnológicas e ambientais em distintos sistemas arquitetônicos, ou seja, com uma ferramenta desse tipo, torna-se possível entender melhor a complexidade, no que tange aos aspectos tecnológicos e ambientais, de uma cobertura industrial.

Tendo-se afirmado que, com o uso de uma ferramenta, poder-se-ia gerar um repertório para a escolha de elementos de arquitetura, é possível, agora, fazer a seguinte indagação: Como gerar um repertório com a utilização de um modelo de apoio? O entendimento da influência das variáveis que interferem na relação usuário-edificação no que diz respeito aos aspectos ambiental e técnico permite uma melhor compreensão de um determinado elemento de arquitetura, como também possibilita a comparação dessas variáveis em duas diferentes soluções para um problema. Um exemplo que ilustra a afirmação é a comparação de um sistema de iluminação de duas coberturas industriais, como o sistema *shed* e o lanternim, a fim de verificar qual dos dois apresenta o melhor desempenho no que diz respeito à iluminação natural, ao controle de radiação solar, à ventilação, entre outros aspectos a serem analisados. Além disso, um importante aspecto na formação do repertório é a possibilidade de visualização do desempenho da cobertura para todos os aspectos analisados simultaneamente, ou seja, pode-se realizar uma comparação entre dois sistemas visualizando todos os aspectos envolvidos na decisão simultaneamente.

Para que seja possível testar a utilização de um modelo de apoio à decisão, é necessário, inicialmente, definir as variáveis e critérios de análise, esses extraídos da Norma ISO DP 6241, apresentada no capítulo 5 do trabalho e referência mundial para as análises de elementos de arquitetura. No Brasil a norma é muito utilizada para estudos pós-ocupação. A análise da norma, como também das variáveis e da preparação para o desenvolvimento do modelo, é apresentada no capítulo a seguir.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	4.1. Dimensão tecnológica na decisão arquitetônica	4.2. As possibilidades e impossibilidades da totalidade quantificável	4.3. A impossibilidade da totalidade quantificável	4.4. A possibilidade da mensuração	4.5. modelos como formação de repertório de projeto	

5. VARIÁVEIS DE AVALIAÇÃO DAS COBERTURAS INDUSTRIAIS

Revisão e panorama da questão

Conforme afirmado no final do capítulo 4, o objetivo deste item é definir as variáveis de análise das coberturas industriais no que tange às dimensões tecnológica e ambiental. Primeiramente, apresenta-se uma revisão de literatura com o objetivo de identificar as variáveis a serem posteriormente analisadas. Num segundo momento, faz-se uma sucinta revisão das variáveis que servem de base para o desenvolvimento do modelo de apoio à decisão para a posterior realização de testes da viabilidade da utilização.

Segundo Blachere (1966) apud Ornstein (1992), o princípio de avaliação de desempenho está associado aos conceitos interdependentes de desempenho, idade-limite e necessidades dos usuários. Ornstein (1992) define :

(...) desempenho é uma prioridade que caracteriza quantitativamente o comportamento de um produto em uso. Idade limite é a idade de solicitação do ambiente construído ou de qualquer de suas partes competentes, quando qualquer das exigências de utilização cessa de ser satisfeita. A este conceito está associada à idéia de vida útil. (ORNSTEIN, 1992, p.16).

CIB (1983) apud Ornstein (1992) afirma que, a avaliação de desempenho do ambiente construído e de seus componentes objetiva garantir a satisfação das necessidades dos seus usuários. O roteiro básico desenvolvido pelo CSTB constitui-se numa lista que contempla 14 itens que representam, didaticamente, os objetivos ou funções a serem cumpridas por componentes e pelo edifício como um todo. A lista é oriunda da norma ISO DP 6241, referência mundial para os trabalhos de avaliação pós-ocupação, na qual são apresentadas as variáveis de análise de desempenho dos aspectos técnico-ambientais. Essa lista, fonte inicial da análise das variáveis, segundo Ornstein (1992, p.16-17), é a seguinte:

- Segurança estrutural: Resistência mecânica a cargas estáticas e dinâmicas individual ou combinadamente, impactos, acidentes, efeitos de fadiga, etc;
- Segurança contra fogo: Riscos de erupção e difusão do fogo. Efeitos fisiológicos, como controle da fumaça e ventilação, sistemas de alarme (detectores, sirenes), tempo de evacuação (rotas de escape), tempo de resistência ao fogo;
- Segurança de uso: Segurança contra ambientes agressivos como, por exemplo: proteção contra explosões, queimaduras, fontes cortantes, segurança durante movimentação e circulação;
- Estanqueidade: À água proveniente da chuva, do solo, potável ou não etc, a gases, inclusive no ar, e à poeira;

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

- Conforto higrotérmico: Controle da temperatura do ar, radiação térmica, velocidade e umidade relativa do ar, (limitações na sua variação, tanto no tempo como no espaço), controle de condensação;
- Pureza do ar: Ventilação e controle de odores;
- Conforto acústico: Controle do ruído, contínuo ou intermitente, inteligibilidade do som e tempo de reverberação;
- Conforto visual: Controle e previsão da lei natural, insolação, nível de iluminação, controle do ofuscamento, contraste, possibilidade de escurecimento, aspectos do espaço e do acabamento, tais como: cor, textura, regularidade, verticalidade, horizontalidade, etc, contraste visual, interno e externo, em relação à vizinhança (ligações e caminhos para a privacidade);
- Conforto tátil: Propriedade das superfícies como rugosidade, pegajosidade, temperatura de contato, flexibilidade, inexistência de descargas de eletricidade estática;
- Conforto Antropodinâmico: Limitação de acelerações e vibrações, conforto de pedestres em áreas de vento intenso, aspectos de projeto relacionados com a força e destreza humana, como inclinação de rampas, manobras de operações de portas, janelas, equipamentos, etc;
- Higiene: Instalação para cuidados corporais, suprimento de água, limpeza e evacuação de resíduos;
- Adaptação ao uso: Número, tamanho, geometria e inter-relação, previsão de serviços e equipamentos, mobiliário e flexibilidade;
- Durabilidade: Conservação de desempenho por tempo adequado;
- Economia: Custo global adequado, custo de projeto e conservação (produção) mais custos de manutenção, somados a custos de operação.

Ornstein (1992) afirma que, visando ao desenvolvimento de um ensaio técnico, as necessidades dos usuários são transformadas em grandezas mensuráveis sob condições de exposição plenamente conhecidas e são definidos os valores mínimos aceitáveis com a aplicação de determinado método de avaliação. Segundo o autor,

existem dois tipos de avaliações do ambiente construído, a avaliação técnica, a qual abrange ensaios em laboratório ou *in loco*, ou seja, com ou sem o controle das condições ambientais de exposição, e a avaliação a partir do ponto de vista dos usuários, ou comportamental. (ORNSTEIN, 1992, p.17).

Com base numa classificação inicial dos critérios de desempenho, segundo a norma europeia ISO-DP 6241, são avaliadas as coberturas industriais, decompostas em sistema de cobertura, estrutura e telhamento. A presente análise enquadra as variáveis propostas pelo CSTB em quatro categorias gerais de trabalho: aspectos construtivos, ambientais, referentes a custos e sustentáveis.

A categoria de análise “custos” evidencia os aspectos de estudo referentes à implantação e à manutenção das coberturas industriais. A categoria aspectos ambientais evidencia todos as variáveis apresentadas na ISO-DP 6241 relacionadas à ambiência do espaço interior. Nesse sentido, são tratados nessa categoria os critérios conforto visual, acústico e higrotérmico.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

Nessa análise foi caracterizada como variável também o tema sustentabilidade, que não é contemplado na norma de referência ISO-DP 6241 e é obtido pela análise do ciclo de vida do sistema estrutura-cobertura-telhamento, objetivando a verificação do impacto das diferentes configurações na natureza.

Segundo Carvalho Filho e Garcia (2002), a produção, o uso e a manutenção dos edifícios acarretam alguns efeitos nocivos ao meio ambiente. A obtenção das matérias-primas e de recursos energéticos implica um grau de contaminação do meio ambiente em decorrência das emissões dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Uma das estratégias para avaliar o impacto dos materiais e sistemas de construção é o uso do conceito do ACV (análise do ciclo de vida).

O setor da construção civil constitui uma das atividades produtivas com um elevado consumo de materiais e energia e, portanto, é responsável por uma grande quantidade de emissões ao entorno ambiental se considerarmos que seu ciclo de vida está composto por distintas fases - produção, uso/manutenção e demolição - devemos determinar e identificar áreas de maior repercussão sobre o entorno ambiental. (AMINK et al., 1996; CARVALHO FILHO, A.C. et al, 2002).

A categoria de análise referente aos aspectos construtivos da cobertura trata dos critérios de desempenho relacionados às características tecnológicas dos fechamentos horizontais, tais como segurança, estanqueidade e flexibilidade da planta. A flexibilidade da área de trabalho é proporcionada pelo distanciamento da estrutura, que pode interferir no *layout* industrial; a estanqueidade, pela entrada d'água do ambiente exterior, e a segurança é caracterizada pela resistência ao fogo do conjunto estrutura do telhado e telhamento.

Considerando as exigências de desempenho caracterizadas na norma ISO-DP 6241, como também os aspectos sustentáveis, identificados pela análise do ciclo de vida dos produtos da construção, são propostos neste trabalho critérios de desempenho para a análise e comparação da performance dos diferentes sistemas de coberturas industriais encontrados nas tipologias recorrentes, no que tange aos aspectos tecnológico-ambientais. No próximo item desenvolvem-se os aspectos referentes à avaliação ambiental de uma cobertura industrial; posteriormente, os construtivos, sustentáveis e funcionais.

5.1. Variáveis de avaliação ambientais

São as variáveis responsáveis pela caracterização da ambiência interna do edifício industrial, ou seja, aspectos referentes ao conforto térmico, visual e acústico. A análise de tais

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

aspectos objetiva definir os parâmetros de análise das coberturas industriais para o posterior desenvolvimento e testes do modelo de apoio à decisão.

5.1.1. Conforto visual

Valle (1975) afirma que a produtividade numa indústria tem relação direta com a qualidade da iluminação dos locais de trabalho, seja esse sistema natural ou artificial, interno ou externo, e que a iluminação de um local de trabalho deve atender às seguintes exigências:

- nível adequado de nivelamento (ABNT NB 57);
- contrastes tecnicamente dosados;
- luminosidade controlada, evitando o ofuscamento.

A cobertura tem um papel preponderante no modelo de luminância no espaço industrial, visto que não pode proporcionar ao ambiente interior radiação solar direta, sob pena de comprometer a atividade visual dos operários. Nesse sentido, quando possível, deve oferecer radiação solar difusa controlada. O objetivo final de um bom sistema de iluminação natural/artificial num ambiente industrial é proporcionar acuidade visual ao operário; por isso, as tarefas visuais devem estar localizadas na zona mais brilhante no campo de visão. A acuidade visual numa tarefa depende do contraste e do brilho entre o detalhe e seu fundo. Quando brilhos extremos são adjacentes, o olho adapta-se ao valor médio, ficando dificultada a capacidade de distinguir detalhes, especialmente na área de menor brilho, o que resulta em perda da acuidade e desconforto visual. Lamberts et al. (1997) caracterizam o contraste como a relação entre a luminância de um objeto e o entorno imediato, e a avaliação do contraste pode ser feita, de forma simplificada, observando-se as seguintes taxas de proporção de luminâncias:

Tabela V.I – Relações entre luminâncias no campo de visão.

Relações máximas entre luminâncias	
Proporção	Relação
Entre a tarefa e o entorno imediato	3:1
Entre a tarefa e superfícies mais escuras	10:1
Entre a tarefa e superfícies claras mais afastadas	0,1:1
Entre a fonte de luz (natural ou artificial) e superfícies adjacentes	20:1
Máximo contraste em qualquer parte do campo de visão	40:1

Fonte: Lamberts et al. (1997).

Quando o processo de adaptação não transcorre normalmente devido a uma variação muito grande de iluminação e/ou a uma velocidade muito grande, experimenta-se uma perturbação de desconforto ou até perda na visibilidade, que é chamada de ofuscamento o mesmo pode ocorrer devido a dois fatores distintos: Contraste, caso a proporção entre as luminâncias de objetos do campo visual seja maior do que 10:1. Saturação: O olho é saturado com luz em excesso. Essa saturação ocorre normalmente quando a luminância média da cena excede 2.500 cd/m². (LAMBERTS, 1997, p.47).

O conforto visual está relacionado também à quantidade de luz presente no ambiente, ou iluminância do espaço interior. Os níveis de iluminância são recomendados por norma, sendo possível com base nesses valores dimensionar os dispositivos de iluminação natural e artificial.

1. Tecnologia na projetividade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

O projeto de iluminação natural está atrelado a uma fonte de luz não controlável, que dele atende requisitos quantitativos referenciados a iluminâncias predeterminadas e, adicionalmente, ao gradiente de luminâncias do ambiente (ofuscamento), onde a expressão final é dada pelo coeficiente de luz diurna CLD. (HOPKINSON, 1966, p.34).

O CLD⁴ é uma variável relativa de iluminância, representando uma porcentagem do total de luz disponível no exterior, e pode ser transformado no valor de lumens/m² (luxes) alcançáveis, através do dimensionamento e da constituição material da abertura iluminante“.Neste sentido a variável desempenho lumínico do ambiente está atrelada ao CLD proporcionado pelo sistema de iluminação utilizado, o qual é caracterizado pela combinação dos fechamentos vertical/horizontal.” (POZZI, 1999, p.61).

As coberturas sem sistema de iluminação, ou opacas, apresentam CLD nulo, ao passo que as com superfícies translúcidas apresentam CLDs variados. Segundo Hopkinson (1966), as coberturas tipo *shed*, com aberturas laterais orientadas para sul, ou orientadas para norte com protetores solares, apresentam um coeficiente de luz diurna variando entre 5 e 11%. Comparadas com as coberturas com lanternim com aberturas laterais, ou com as com iluminação zenital tipo dupla inclinação, apresentam uma menor uniformidade no que diz respeito à iluminância, porém um maior grau de atividade visual em decorrência dos contrastes interiores. As coberturas com iluminação zenital tipo lanternim, sem aberturas laterais, proporcionam CLD entre 5% e 6%. Um plano horizontal com iluminação zenital dupla inclinação com aberturas laterais possui distribuição de luz uniformemente distribuída e o CLD é de 5%. As características gerais dos principais sistemas de coberturas, quanto ao CLD, são apresentadas na Tabela V.2 e nas figuras 5.1, 5.2 e 5.3. Mascaró (1991) apresenta o rendimento dos sistemas de iluminação zenital tipo *shed*, lanternim e dupla inclinação com clarabóia (Tabelas V.3 e V.4).

Tabela V.2 – CLD – Fatores recomendados.

Fator de luz do dia em edifícios: níveis gerais ou mínimos recomendados (IES)		
Tipos de edifícios	Fator de luz do dia recomendado (%) não menor que	Qualificações e recomendações
Fábricas	5	Recomendação genérica

Fonte: Adaptado de Hopkinson (1966, p.34).

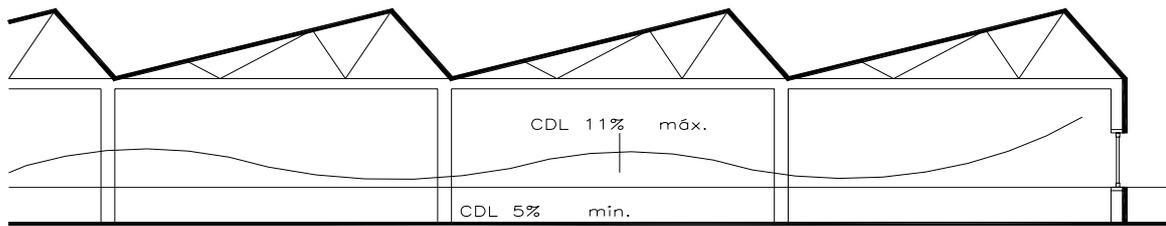
Tabela V.3 – Eficiência luminosa de elementos zenitais.

ELEMENTO	Eficiência luminosa % da eficiência luminosa de uma superfície iluminante horizontal.
Tipo shed	30%
Tipo lanternim	50 a 75%
Tipo dupla inclinação	90%

Fonte: Mascaró (1991).

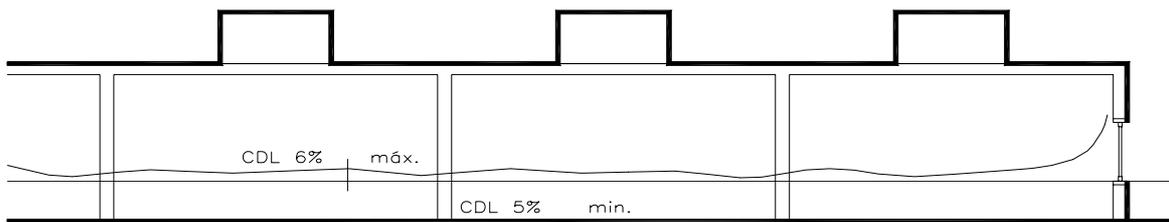
⁴ CLD – Coeficiente de luz diurna.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	



Fonte: Adaptado de Pozzi (1999, p.32)

Figura 5.1 – CLD – Sistema de iluminação zenital *shed*.



Fonte: Adaptado de Pozzi (1999, p.32)

Figura 5.2 – CLD – Sistema de iluminação zenital lanternim.



Fonte: Adaptado de Pozzi (1999, p.32).

Figura 5.3 – CLD – Sistema de iluminação zenital dupla inclinação.

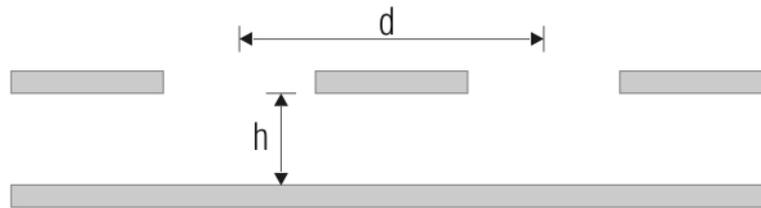
Tabela V.4 – Rendimento dos sistemas de iluminação zenital.

COBERTURA	DESENHO ESQUEMÁTICO	RENDIMENTO
Dupla inclinação		0,94
Shed com superfície iluminante vertical - d / h= 2:1		0,34
Lanternim com superfície vertical - d / h= 2:1		0,31
Lanternim com superfície iluminante assimétrica d / h= 2:1		0,30
Lanternim com superfície iluminante inclinada d / h=2:1		0,59
Lanternim com superfície iluminante inclinada d / h=2:1		0,46

Fonte: Adaptado de Mascaró (1991).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetónica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

Além do CLD, um segundo aspecto a ser considerado na análise do desempenho lumínico das coberturas industriais é a relação entre o espaçamento do elemento zenital e o pé-direito médio da indústria. Hopkinson (1969) esclarece que, o aumento da distância entre os dispositivos de iluminação zenital pode caracterizar uma perda da eficiência luminosa. Quando o pé-direito é muito menor do que o espaçamento, ou seja, essa relação é maior do que 2:1 (d/h) (Figura 5.4), podem ocorrer contrastes muito elevados como também até ofuscamentos, configurando uma situação negativa para o contexto interior.



Fonte: Adaptado de Pozzi (1999)

Figura 5.4 – Relação d/h .

5.1.2. Conforto higrotérmico

O desempenho de um operário no “chão” de uma indústria está intimamente ligado às características microclimáticas do ambiente interior, as quais dependem da interação entre a envolvente da edificação e as variáveis climáticas radiação solar e vento. Outras variáveis interferem no microclima do espaço interior, tais como o uso e as fontes de calor, originadas geralmente de máquinas, equipamentos e processos industriais. No que tange à interação da edificação com a radiação solar, o desempenho do espaço interior está condicionado pela área e pelas características dos fechamentos verticais e horizontais, opacos e transparentes. Pela interação entre a radiação solar e os fechamentos verticais e horizontais, a energia poderá aquecer o espaço interior por meio dos processos de condução, convecção e irradiação. A cor, o tipo de material que compõe o fechamento e a espessura são características que determinam os ganhos térmicos do espaço de trabalho. As dimensões e características dos fechamentos transparentes também têm relação direta com os ganhos térmicos.

A ABNT, através do Fórum Nacional, está finalizando o projeto da norma de desempenho térmico de edificações, a qual está dividida em quatro partes: definições, símbolos e unidades; métodos de cálculo de transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações; zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social; medição da resistência térmica e da condutividade pelo princípio da placa quente protegida.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

A norma apresenta uma metodologia que pode ser aplicável tanto na fase de projeto como na de construção para avaliar o desempenho térmico das habitações, ao mesmo tempo em que, estabelecendo um zoneamento bioclimático brasileiro, traz recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contornos fixados. Segundo a norma brasileira, a região Sul do Brasil é caracterizada por três zonas bioclimáticas: as zonas 1 e 2, mais evidenciadas nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, ao passo que Paraná é caracterizado pelas zonas 2 e 3. Nesse sentido, os índices e indicadores a serem tratados estão mais relacionados com as zonas bioclimáticas 1 e 2. As áreas 1, 2 e 3 caracterizam essas três zonas, para as quais são determinadas estratégias relacionadas ao tamanho das aberturas para ventilação, necessidade de proteção, vedações externas (tipo de parede e cobertura) e estratégias de condicionamento térmico passivo. Numa edificação, conforme já mencionado, os ganhos térmicos são provenientes da utilização interna dos ambientes, tais como iluminação interna, calor liberado pelos equipamentos, calor liberado pelas pessoas, como também dos ganhos externos provenientes das diferenças de temperatura e ganhos térmicos gerados pela radiação solar direta. Os ganhos externos têm uma relação direta com o desempenho térmico dos fechamentos horizontais e verticais, ou seja, a escolha do tipo de fechamento tem uma relação direta com o desempenho do ambiente interno de trabalho. Logo, “o objetivo principal de um arquiteto na especificação de um fechamento é evitar as perdas de calor excessivas no inverno e também os ganhos elevados no verão.” (LAMBERTS, 1997).

As características dos fechamentos verticais e horizontais são determinadas pelo conhecimento de algumas variáveis que caracterizam o comportamento dos planos no que tange ao seu isolamento térmico. Segundo Frota e Shiefer (1995), a primeira variável a ser considerada é a transmitância térmica da parede ou coeficiente global de transmissão térmica, o qual é uma variável que quantifica a capacidade do material de ser atravessado por um fluxo de calor induzido por uma diferença de temperatura entre dois ambientes, que o elemento constituído por tal material separa ($W/m^2°C$). A norma de desempenho térmico de edificações define transmitância térmica da parede ou o coeficiente global de transmissão térmica como o inverso da resistência térmica total do fechamento.

$I/U=R$ (Equação 01)

U = Transmitância térmica do fechamento;

R = Resistência térmica do fechamento – “A resistência total é o somatório das resistências parciais, resistência superficial externa, resistência do fechamento e resistência superficial interna.” (LAMBERTS, 1997);

$R_t = R_{se} + R_{fechamento} + R_{si}$ (Equação 02);

R_{se} - Resistência térmica superficial externa;

R_{si} - Resistência térmica superficial interna;

$R_{fechamento}$ - Resistência térmica de elementos e componentes;

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

R_{total} - Associação das diversas resistências térmicas dos componentes em questão com as resistências superficiais interna e externa.

Segundo a ABNT (1997), R_{se} é caracterizada como a resistência térmica da camada de ar adjacente à superfície externa de um componente que transfere calor por radiação e/ou convecção. “A resistência superficial interna é caracterizada como o quociente da diferença de temperatura verificada entre as superfícies de um elemento ou componente construtivo pela densidade do fluxo de calor, em regime estacionário.” (ABNT, 1997, op. cit.).

A Tabela V.6 apresenta as transmitâncias definidas pela norma como mínimas para os fechamentos verticais e horizontais para a zona bioclimática 2.

A segunda variável que determina o desempenho dos fechamentos horizontais e verticais é o atraso térmico, definido pela ABNT (1997) como o tempo que transcorre entre os momentos de ocorrência da temperatura máxima do ar no exterior e no interior da edificação, quando se verifica um fluxo de calor através de um componente construtivo submetido a uma variação periódica da temperatura do ar no exterior. Os fechamentos com maior atraso térmico apresentam maior inércia e são adequados para locais com maiores amplitudes térmicas, ou seja, maiores diferenças de temperatura. A Tabela V.6 apresenta os atrasos térmicos mínimos para os fechamentos verticais e horizontais para a zona bioclimática 2, definidos pela norma brasileira de desempenho térmico de edificações.

Uma terceira variável a ser considerada pela norma brasileira é o fator calor solar, definido como o quociente da energia solar absorvida por um componente pelo total incidente sobre a sua superfície externa. Para a região Sul, caracterizada na norma por três zonas bioclimáticas, esses valores variam entre 4,0 e 6,5.

A quarta variável que determina o desempenho térmico de edificações, segundo o projeto 02:135.07-001:1998 da norma brasileira, é o dimensionamento dos vãos das aberturas exteriores. Essas áreas são percentuais dos planos dos fechamentos verticais, ou seja, são áreas das paredes. No caso das três zonas bioclimáticas do sul do Brasil, essas áreas variam de 15% a 25% (Tabela V.5).

As estratégias bioclimáticas para a climatização passiva dos ambientes são o quinto elemento de análise do desempenho térmico, ou seja, aproveitamento dos recursos naturais para minimizar os gastos de energia no âmbito da climatização artificial e melhorar o desempenho térmico do edifício. Essas estratégias estão relacionadas às variáveis que determinam os índices térmicos de um ambiente, como temperatura e umidade relativa do ar. Estão centradas na ventilação natural e artificial de ambientes em diferentes períodos do ano, como também se relacionam ao aproveitamento ou controle da radiação solar direta no interior dos espaços, considerando o conforto visual das áreas internas, como também a “variação das quantidades de radiação solar em função da época do ano e da latitude.” (FROTA e SCHIEFER, 1995).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

Conforme caracterizado na norma brasileira, o projeto da norma 02:135.07-001:1998 (ABNT, 1997) determina parâmetros para a escolha dos fechamentos horizontais e verticais, para as diferentes regiões do país através de um zoneamento bioclimático, os quais são: transmitância térmica, atraso térmico, fator de calor solar, aberturas para ventilação e estratégias de condicionamento térmico passivo. As Tabelas V.5, V.6 e V.7 caracterizam os parâmetros a serem utilizados no modelo a ser apresentado no capítulo 6, no que tange ao conforto térmico.

Tabela V.5 - Aberturas para ventilação e sombreamento para as zonas bioclimáticas 1,2 e 3.

Zona Bioclimática	Aberturas para ventilação A (em % da área do piso)	Sombreamento das aberturas
Zona 2	Médias: 15% < 25%	Permitir sol durante o período inverno

Fonte: ABNT(1997).

Tabela.V.6 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para vedações externas para as zonas bioclimáticas 1,2 e 3.

Zona bioclimática	Vedações externas	Transmitância térmica-U W/m ² .K	Atraso térmico φ horas	Fator de calor solar FCS
Zona 2	Parede: leve	U<ou=3,00	φ<ou=4,3	FCS<ou=5,0
	Cobertura: leve isolada	U<ou=2,00	φ<ou=3,3	FCS<ou=6,5

Fonte: ABNT(1997).

Tabela V.7-Estratégias de Condicionamento Térmico passivo para a Zona Bioclimática 1,2 e 3.

Zona bioclimática	Estação	Estratégia de condicionamento térmico passivo
Zona 2	Verão	J)Ventilação cruzada
	Inverno	A)Aquecimento solar da edificação B)Vedações internas pesadas(inércia térmica) Nota: O condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano;

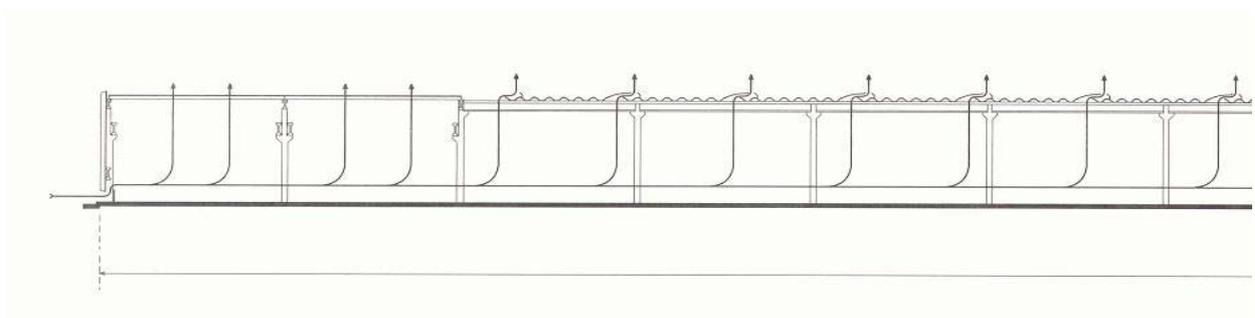
Fonte:ABNT(1997).

Um segundo importante aspecto quanto ao desempenho térmico da cobertura são os ganhos diretos proporcionados pela iluminação zenital. No item anterior foi determinado o desempenho lumínico de uma cobertura por intermédio do CLD (coeficiente de luz diurna), o qual é definido como a relação entre a luz disponível no ambiente exterior e a no ambiente interior. Essa relação, já apresentada, tem a unidade percentual como padrão. No que diz respeito ao desempenho lumínico da cobertura, quanto mais luz difusa no ambiente interior melhor, porém considerando o desempenho térmico do ambiente a partir de um CLD mínimo ou ideal; valores acima são considerados menos atrativos, porque, quanto maior a quantidade de radiação solar difusa, maior a quantidade de energia no ambiente, logo maiores temperaturas. Segundo IES (Illuminating Engineering Society) (1961) apud Hopkinson et al. (1966), nas fábricas, o padrão mínimo de CLD é de 5%, o que só pode ser suprido satisfatoriamente pela iluminação zenital. Afirma ainda que deve-se envidar todos os esforços para assegurar que em qualquer parte do edifício, utilizado para atividade humana, não haja iluminação com CLD inferior a 0,5%. Além disso, qualquer parte do edifício em que a visão seja utilizada durante um longo período, uma hora, por exemplo, deve ter um CLD não inferior

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

a 1%. Vianna e Gonçalves (2001) afirmam que “(...) um CLD de 2% não é um valor excessivo para o nosso contexto climático, porém 4 a 5% já passam a ser valores críticos. (VIANA e GONÇALVES, 2001, p. 195).

Um outro importante aspecto a ser destacado nessa definição das variáveis é a potencialidade da ventilação natural e artificial no desempenho térmico do ambiente. Segundo Macintyre (1999, p.04), ventilar significa deslocar o ar. Na prática, o deslocamento de ar deve ser compatível com a velocidade de movimentação que possa satisfazer as exigências fisiológicas para a saúde e o bem-estar humano e uma adequada distribuição no local. A remoção consegue, além disso, controlar, dentro de certos limites, a temperatura e a umidade ambiente. Segundo ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) apud Scigliano e Hollo (2001, p.09), há uma perda de eficiência humana de 1,8% para cada grau que a temperatura ambiente subir acima de 27 °C, comprometendo a produtividade. As estatísticas indicam que nas indústrias os acidentes de trabalho aumentam à proporção que o conforto térmico baixa, podendo crescer até 40% quando a temperatura sobe 10 °C acima do nível do conforto. Segundo Scigliano e Hollo(2001, p.58), no início do dia, num prédio com ventilação natural deficiente, a parcela de ar interno aquecida pelas pessoas, máquinas e pelo calor que penetra pelas fachadas e telhado sobe e concentra-se na parte superior do prédio, não incomodando os usuários. No decorrer do dia, entretanto, a parcela de ar interno aquecida pelas pessoas, máquinas e pelo calor que penetra pelas fachadas e telhado atinge uma grande proporção, afetando o nível de trabalho. Assim, dotando o prédio de passagens eficientes para a entrada de ar frio e para a saída de ar aquecido, inicia-se o processo de ventilação natural, que assegura um bom conforto térmico ao limitar a zona de desconforto, que contém o ar aquecido, à parte superior do prédio. Scigliano e Hollo (2001, p.62) afirmam que, em prédios com grandes dimensões e dotados de entradas e saídas adequadas, como o da fábrica de elevadores Otis, em São Paulo, o ar frio que entra pelas aberturas das paredes externas percorre toda a extensão do interior do galpão com um fluxo tênue ao longo do piso, possibilitando a saída de ar quente por todas as aberturas do telhado, refrescando uniformemente o seu interior. É importante notar que as saídas de ar quente desse prédio estão distribuídas por toda a extensão do telhado (Figura 5.5).



Fonte: Scigliano e Hollo (2001, p.63).

Figura 5.5– Projeto ventilação Otis, São Paulo.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

Com base nessas constatações, Scigliano e Hollo (2001, p.215), caracterizam sete variáveis como determinantes para o conforto térmico em edificações industriais:

- Posição de saída do ar quente fixada no ponto mais alto da cobertura, uniformemente distribuída, e a posição da entrada de ar frio fixado no ponto mais baixo das fachadas laterais;
- Pé-direito mínimo em função das dimensões do prédio;
- Iluminação natural zenital máxima de 12,5% e tipo lanternim ou shed máximo de 20%, ambos áreas do piso;
- Área efetivamente disponível para passagem de ar através do aparelho utilizado para entrada de luz e proteção contra a entrada de chuva;
- Distância entre os elementos que formam os canais de passagem do ar no aparelho de proteção contra a entrada de chuva e a presença ou não dos vários tipos de telas protetoras contra a entrada de animais;
- Direcionamento do fluxo de ar durante a passagem pelo aparelho de proteção contra a entrada de chuva;

A ventilação natural eficiente nas construções consideradas confortáveis é servida naturalmente pela tendência do ar quente interno (mais leve) de subir e deslocar-se para o exterior pelas passagens da cobertura, e pela tendência do ar frio externo (mais denso) de deslocar-se para o interior do prédio, tomando lugar do ar quente que saiu. (Scigliano e Hollo, 2001, p.29).

As construções industriais com ventilação natural eficiente possuem em comum as seguintes características:

- pé-direito alto;
- aberturas eficientes para a entrada e saída de ar.

Considerando que a ventilação industrial está fortemente baseada no efeito chaminé, o pé-direito do espaço interior tem uma relação direta com o desempenho da ventilação. Para caracterizar o desempenho de uma cobertura industrial quanto a sua eficiência no tocante à ventilação natural, Scigliano e Hollo (2001) desenvolveram um indicador denominado IVN (índice de ventilação natural), que possibilita a verificação do grau de conforto térmico dos edifícios industriais, com exceção daqueles que apresentam alta intensidade de geração interna de calor, tais como fundições, siderúrgicas, etc. “É calculado a partir da área do piso e do formato das aberturas de ventilação de um edifício, respeitando-se os valores mínimos para o pé-direito bem como a posição e a uniformidade da distribuição das aberturas.” (Scigliano e Hollo, 2001, p.29).

O IVN é o quociente da área total das aberturas para a saída do ar aquecido pela área do piso interno da construção multiplicado por 100 e é influenciado pelos seguintes fatores:

- R_{aa} - Redutor de área de abertura – determina a área efetivamente disponível para passagem do ar através do aparelho utilizado para permitir entrada de luz e proteção contra chuva instalado na abertura;
- R_{da} - Redutor devido ao atrito - representa o grau de dificuldade, devido ao atrito, que o ar enfrenta para atravessar o aparelho utilizado para permitir a entrada de luz e proteger contra a chuva. Depende da distância entre as aletas do aparelho e também da presença ou não dos vários tipos de telas protetoras contra a entrada de animais; (Scigliano e Hollo, 2001, p.70);
- R_{md} - Redutor de mudança de direção. Representa a perda de eficiência decorrente da necessidade do ar quente ser, obrigado a descer antes de sair do edifício, através do aparelho utilizado para permitir a entrada de luz e proteção contra a chuva, contrariando sua tendência natural que é de sempre subir; (Scigliano e Hollo, 2001, p.70).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

$$IVN = A_a \times R_{aa} \times R_{da} \times R_{md} \times 100 \quad (\text{Fórmula 03})$$

Onde:

- A_a = área total das aberturas disponíveis para passagem de ar antes da instalação dos aparelhos utilizados para permitir a entrada de luz e proteger contra a chuva;
- A_p = área do piso interno da edificação;
- R_{aa} = redutor de área de abertura da passagem de ar;
- R_{md} = redutor de mudança de direção.

A Tabela V.8 apresenta os valores dos redutores de área de abertura de várias soluções. O R_{da} é redutor em razão do atrito e da presença de tela protetora, e está caracterizado na Tabela V.9. O R_{md} é o redutor de mudança de direção, caracterizado na Tabela V.10, através dos sistemas de ventilação mais recorrentes.

Tabelas V.8 –Valores R_{aa}

Tabela de valores de R_{aa} para aparelhos mais usuais		
APARELHO	Vão de Entrada de luz V	R_{aa}
 Domo comum com 2 passagens de ar de valor nominal de 4,2cm	1,250m	0,061
 Domo comum com 2 passagens de ar de valor nominal de 6,2cm	1,250m	0,091
 Domo comum com 2 passagens de ar de valor nominal de 8,3cm	1,250m	0,122
 Domo comum com 2 passagens de ar de valor nominal de 12,2cm	1,250m	0,179
 Domo comum ondulado com 2 passagens de ar de valor nominal de 12,0cm	1,250m	0,096
 Domo comum com passagem única de ar Domoglass ou Delker de valor nominal de 13,2cm	1,250m	0,097
 Domo tipo L-30 Domoglass ou Delker com passagem de ar de valor nominal de 30,0cm	1,250m	0,235
 Domo tipo L-40 Domoglass ou Delker com passagem de ar de valor nominal de 40,0cm	1,250m	0,314

Fonte: Scigliano e Hollo (1999, p.73)

Tabela V.9 –Valores R_{da}

Distância entre aletas ou larguras dos canais para passagem	R_{da} – Redutor devido ao atrito e à presença de tela protetora				
	Sem tela	Tela plástica com fios de 2,2mm de diâmetro e malha de 12,7mm	Tela plástica com fios de 0,5mm de diâmetro e malha de 9,1mm x 10,3mm	Tela plástica mosquiteira com fios de 0,5mm de diâmetro e malha de 1,0mm	Tela plástica antiafideos com fios de 0,22mm
De 3,0 a 4,9 cm	0,66	0,63	0,50	0,40	0,26
De 5,0 a 8,9 cm	0,70	0,67	0,53	0,42	0,28
De 9,0 a 15,9 cm	0,76	0,72	0,57	0,46	0,30
De 16,0 a 23,9 cm	0,84	0,80	0,63	0,50	0,34
Maior que 24,0 cm	1,00	0,95	0,75	0,60	0,40

Fonte: Scigliano e Hollo (1999, p.96)

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

Tabela V.10 –Valores R_{md}

Aparelhos de entrada de luz e proteção contra chuva		R_{md}
	Domo tipo L duplo Requite	0,65
	Domo tipo L duplo Trend's	0,65
	Domo tipo L duplo Zenital	0,70
	Domo tipo L-20 Rodrigues Lima	0,77
	Domo tipo L-40 Rodrigues Lima	1,00
	Domo Tipo L Domoglass ou Delker	1,00
	Aerador de cumeeira tipo Robtek	1,00
	Domo tipo aerador Robtek da Zenital	1,00

Fonte: Scigliano e Hollo (1999, p.96)

Scigliano e Hollo (2001, p.209) afirmam que

(...) prédios com alta geração interna de calor, caso possuam elevado IVN, apresentam bons resultados para conforto térmico. É o caso do prédio da fundição de alumínio da CBA (Companhia Brasileira de Alumínio em São Paulo), que possui um IVN de 8,6. Prédios considerados como de alta geração interna de calor podem, através do emprego da captação mecânica localizada de calor, buscando minimizar os efeitos térmicos. (SCIGLIANO e HOLLO, 2001, p.212).

Além do IVN, um segundo aspecto a ser considerado na análise do desempenho de uma cobertura industrial é a uniformidade na distribuição do ar no ambiente, pois a distribuição homogênea das saídas de ar quente facilita a exaustão do ar interior. O percurso máximo recomendado para o deslocamento do ar aquecido sob o telhado é de 5,00 m. Scigliano e Hollo (2001, p.223) afirmam que, em prédios com coberturas de grandes vãos executadas em duas águas com forte inclinação ou em arco, é recomendável a utilização de uma linha única de aparelhos de exaustão de cumeeira de grandes dimensões, concentrados na região mais elevada.

As variáveis descritas até aqui são utilizadas no capítulo 6 para a confecção do modelo de apoio à decisão. CLD, relação d/h, atraso térmico, fator de calor solar, transmitância, IVN, entre outros, são exemplos das variáveis a serem utilizadas.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

5.1.3. Conforto acústico

“O ruído em demasia pode provocar sérios danos ao homem, refletindo sobre as atividades do cérebro, sobre vários órgãos e sobre a atividade física e mental.” (SILVA, 1997, p.2).

Numa indústria, os ruídos de maior intensidade sonora são os provenientes do maquinário presente nas unidades de produção. Segundo Valle (1975, p.238), a origem do ruído constitui outro ponto de grande importância na determinação das técnicas mais adequadas ao seu controle. Silva (1997) afirma que, quanto à origem, os ruídos industriais podem ser reunidos em quatro grandes grupos: a) os impactos, que abrangem normalmente os ruídos mais intensos, como os causados por prensas, rebitoras, teares e pela movimentação de grandes cargas, que cobrem em geral uma ampla gama de ocorrências; b) ruídos provocados por vibração de peças, carcaças de equipamentos, muitas vezes gerados pelo desbalanceamento de massas gigantes, em geral de baixa frequência; c) ruídos devidos à fricção entre partes móveis ou ao atrito de outros materiais contra os próprios equipamentos, nos quais se incluem os gerados por ferramentas de cortes, mancais mal lubrificados, operações de desgaste com esmeril, arrastamentos de caçambas de transformadores, etc; são, em geral, ruídos agudos e irritantes, atuando em faixas de frequências elevadas; d) a turbulência do ar, gerada em sistemas de ventilação, nas ferramentas pneumáticas e na combustão de fornos e caldeiras, constitui também um grupo importante de ruídos industriais a ser combatido nas suas ocorrências mais graves. Para compreender as necessidades dos fechamentos verticais e horizontais de uma indústria, primeiramente, é necessário entender a interação entre a energia sonora e os elementos de arquitetura. Quando uma frente de onda atinge um fechamento ou obstáculo qualquer, parte da energia incidente, $E_i\%$, é refletida, $E_r\%$, e parte é dissipada pelo obstáculo, $E_d\%$, transformando-se em energia calorífica ou mecânica; o restante, $E_t\%$, atravessa o corpo, passando para outro lado (Figura 5.6).

$$E_i = E_d + E_r + E_t \text{ (fórmula 04)}$$

A energia absorvida, E_a , é igual à soma da energia dissipada, E_d , com a energia transmitida, E_t , conforme a equação 05.

$$E_a = E_d + E_t \text{ (Equação 05)}$$

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

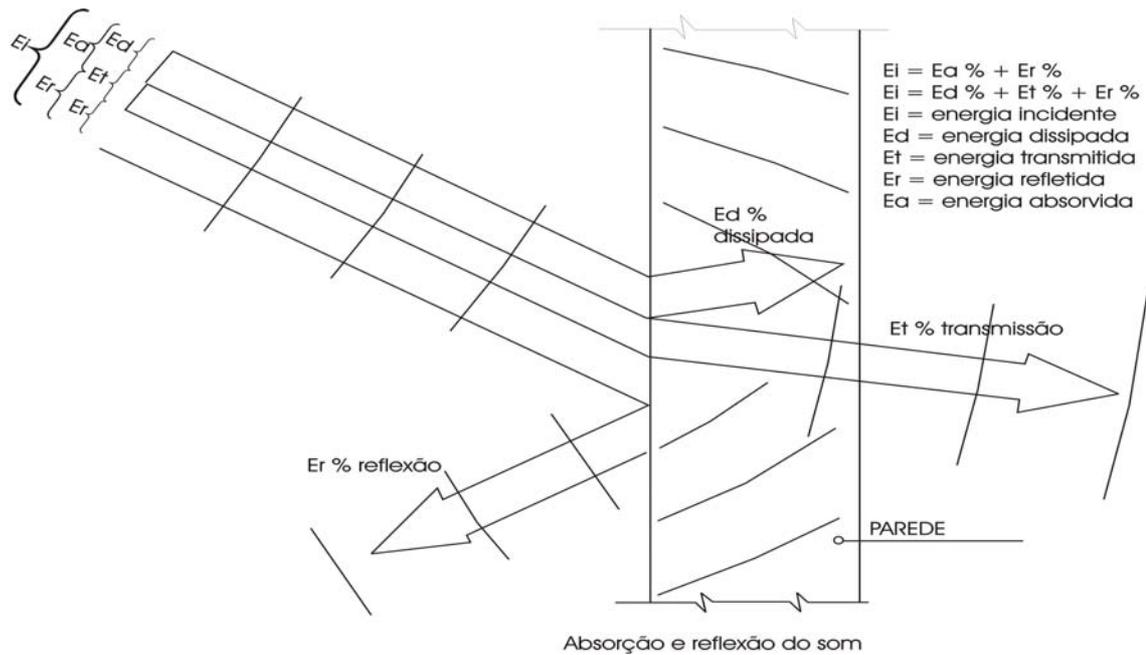


Figura 5.6 – Energia sonora encontrando um fechamento.

Fonte: Silva (1997).

Nesse sentido, os fechamentos horizontais e verticais na tipologia industrial são extremamente importantes e desempenham também a função de estanqueidade ao ambiente. Segundo Silva (1997), quanto mais pesados forem os fechamentos, maior será o seu isolamento. É a chamada “lei das densidades” ou “lei das massas”. A equação 06 caracteriza o cálculo do índice de redução sonora de um fechamento qualquer.

$$R = 19 \log [P/S] - dB \text{ (Fórmula 06)}$$

Fonte: Silva (1997, p.92).

Onde “P” é o peso em Kg e “S” é a superfície em metros quadrados. Segundo Silva (1997, p.89), o uso integrado da lei de massa não é suficiente para resolver todos os casos de isolamento sonoro. Por exemplo, a combinação de painéis leves, afastados, formando espaços preenchidos pelo ar, pode isolar mais que o efeito produzido pela lei da massa para uma mesma espessura, é o chamado “efeito sanduíche”. O vazio do ar trabalha como se fosse uma mola, amortecendo a passagem de energia; o preenchimento com lã de vidro aumenta esse amortecimento. Quanto maior for a distância entre os painéis, melhor será o seu isolamento nas frequências mais baixas. Silva (1997) explica que uma maneira mais eficiente de aumentar o índice de redução sonora de telhamentos é o uso de fechamentos tipo sanduíche, formados por material poroso e resistente. Pelo efeito do amortecimento, pode absorver a energia no seu interior, dissipando-a antes que se reflita ou se transmita para o ambiente ou para os materiais vizinhos. No caso de fechamento horizontal das coberturas industriais, são encontrados basicamente dois tipos de propostas de telhamentos: telhas metálicas com chapa única e tipo sanduíche com poliuretano expandido no interior. Na Tabela V.11 são apresentados os índices de redução sonora dos principais telhamentos encontrados nas tipologias industriais.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

Tabela V.11 - Índice de redução sonora das principais telhas para edifícios industriais

Telhas/Características	Espessura	Isolamento Acústico (512Hz) dB	Isolamento Acústico (1024Hz)dB
Telha sanduíche em alumínio	20	38,7	45,0
	30	39,7	45,7
	40	40,2	46,2
	50	40,7	46,7
	60	39,4	45,4
Telha sanduíche em aço	20	44,2	50,2
	30	44,5	50,5
	40	44,7	50,7
	50	45,0	51,0
	60	45,2	51,2
Telha simples alumínio	0,5	28,6	32,6
Telha simples aço	0,5	34,7	38,7

Fonte: Silva (1997, p.90).

A caracterização do desempenho acústico de uma cobertura industrial é determinada pelo índice de redução sonora do telhamento horizontal. Como critério de desempenho para a verificação da classificação da solução em boa, neutra ou insatisfatória, foi utilizado como referência o projeto da norma 02:135.01-004 de 1999, por meio do qual se objetiva rever a norma NBR 10152 de 1987 (acústica – avaliação do ruído aparente visando ao conforto dos usuários). Nesse projeto constam os requisitos para a avaliação do desempenho acústico do conjunto fachada e cobertura de habitações, considerando o conforto dos usuários dos ambientes interiores, logo, o índice de redução sonora da cobertura e da fachada exterior. No caso de uma indústria, na maioria dos casos, os ruídos são gerados dentro das unidades de produção; por isso, a cobertura minimiza a intensidade do ruído interior no contexto exterior. A Tabela V.12 apresenta os valores mínimos a serem isolados pelo conjunto fachada/cobertura.

Tabela V.12 – Índice de redução sonora bruto mínimo.

CRITÉRIO ELIMINATÓRIO	FAIXA <20db	CLASSE NÃO ATENDE
Classificatório	20 A 24db	III
	25 a 30db	II
	>30db	I

Fonte: ABNT(1999).

No projeto de revisão da norma NBR 10152 é proposto o método de avaliação do isolamento sonoro bruto proporcionado pelo conjunto fachada/cobertura.

O isolamento sonoro bruto ou diferença de nível sonoro ("D" em decibels) é a diferença aritmética entre o nível de pressão sonora na fonte, ponderado na escala "A" de compensação (L1 em dB_A) e o nível sonoro no receptor, ponderado na escala "A" de compensação, (L2 em dB_A). (ABNT, 1999).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

5.2. Variáveis de avaliação construtivas

5.2.1. Segurança

A norma NBR 14432 (ABNT, 2000) estabelece as condições a serem atendidas pelos elementos estruturais e de compartimentação que integram os edifícios para que, em situação de incêndio, seja evitado o colapso estrutural. Através da Tabela V.13 é possível verificar os tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF) em minutos. Na tabela são verificados o uso, a profundidade do subsolo e a altura da edificação. De posse desses dados, é possível verificar os tempos requeridos de resistência ao fogo dos diferentes usos correspondentes da edificação industrial. A ocupação ou uso industrial, comercial com classificação de incêndio de médio e alto risco é dividida em I-1, quando os locais possuem uma carga de incêndio não superior a $1200 \text{ m}_j/\text{m}^2$, e I-2, quando possuem uma carga de incêndio superior a $1200 \text{ m}_j/\text{m}^2$.

Tabela V.13 – Tempos requeridos de resistência ao fogo.

Tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF), em minutos									
Grupo	Ocupação/uso	Divisão	Profundidade do subsolo		Altura da edificação				
			Classe S ₂ h _s >10m	Classe S ₁ h _s ≤10m	Classe P ₁ h≤6m	Classe P ₂ 6m <h≤12m	Classe P ₃ 12m <h≤23m	Classe P ₄ 23m <h≤30m	Classe P ₅ h>30m
A	Residencial	A-1 a A-3	90	60 (30)	30	30	60	90	120
B	Serviços de hospedagem	B-1 a B-2	90	60	30	60 (30)	50	90	120
C	Comercial varejista	C-1 a C-3	90	60	60 (30)	60 (30)	60	90	120
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	D-1 a D-3	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120
E	Educacional e cultura física	E-1 a E-6	90	60 (30)	30	30	60	90	120
F	Locais de reunião de público	F-1, F-2, F-5, F-6 e F-8	90	60	60 (30)	60	60	90	120
G	Serviços automotivos	G-1 e G-2 não abertos lateralmente e G-3 a G-5	90	60 (30)	60	60 (30)	60	90	120
		G-1 e G-2 abertos lateralmente	90	60 (30)	30	30	30	30	60
H	Serviços de saúde e institucionais	H-1 a H-5	90	60	30	60	60	90	120
I	Industrial	I-1	90	60 (30)	30	30	60	90	120
		I-2	120	90	60 (30)	60 (30)	90 (60)	120 (90)	120
J	Depósito	J-1	90	60 (30)	30	30	30	30	60
		J-2	120	90	60	60	90 (60)	120 (90)	120

Fonte: ABNT (2000, p.06)

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

No caso das tipologias industriais, estão isentas dos requisitos de resistência ao fogo as seguintes edificações:

- Cujas áreas sejam menores ou iguais a 750 m²;
- Com até 2 pavimentos, cuja área total seja menor ou igual a 1500 m² e a carga de incêndio específica ou inferior ou igual a 1000 MJ/m².

São isentas também as edificações térreas, exceto quando:

- A edificação industrial, com carga de incêndio específica superior a 1200 MJ/m², observados os critérios de compartimentação constantes nas normas brasileiras em vigor ou, na sua falta, regulamentos de órgãos públicos.
- Edificações industriais com área total menor ou igual a 5000 m², com pelo menos duas fachadas de aproximação que perfaçam no mínimo 50% do perímetro. (ABNT, 2000, p.6).

Edificações industriais não isentas dos requisitos do TRRF com subsolo inferior a 10m e com alturas entre 6m e 12m devem resistir ao fogo no mínimo por 30 minutos; com alturas entre 12m e 23m, devem resistir ao fogo por 60 minutos. Na Tabela V.14 são apresentados o grupo de ocupação/uso industrial, a divisão do grupo, a descrição e exemplos.

Tabela V.14 - Classificação das edificações quanto a sua ocupação.

Industrial, comercial de médio e alto risco, atacadista	I-1	Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados ou depositados apresentem médio potencial de incêndio	Locais onde a carga de incêndio não atinja 1200 MJ/m ² .
	I-2	Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados e/ou depositados apresentam grande potencial de incêndio	Locais onde a carga de incêndio atinja 1200 MJ/m ² .

Fonte: ABNT (2000, p.09).

Um outro aspecto a ser evidenciado nessa norma é o Anexo C, no qual constam os valores das cargas de incêndio específicas.

Resistência ao fogo- concreto armado.

Segundo Bauer (2000, p.111), em caso de incêndio, o que ocorre com o concreto armado depende, em grande parte, do comportamento do agregado quando submetido a altas temperaturas.

Os agregados de calcário, por exemplo, são menos afetados pelo fogo devido ao seu coeficiente de dilatação de $0,8 \times 10^{-5}$ por grau Celsius, mais baixo que o granito: $1,0 \times 10^{-5}$. Além disso, o calcário tem reações endotérmicas quando aquecidos. O granito e o gnaisse fissuram-se acima de 500°C por mudança de estado do quartzo com o calor. (BAUER, 2000, p.111).

Segundo Bauer (2000, p.442), as estruturas de concreto armado sofrem com o incêndio, porém, conforme reconhecido tecnicamente, menos do que outros tipos de estruturas que estivessem sob a mesma intensidade do fogo. Numa estrutura de concreto, dois fatores básicos

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

determinam a resistência dos elementos: a temperatura alcançada no concreto e o tempo de exposição ao fogo no local.

Em geral, o tempo de duração de um incêndio é curto, quer pelas medidas de prevenção adotadas nas grandes concentrações urbanas, já regulamentadas em lei, quer pela proteção do corpo de bombeiros especializado, e até mesmo em algumas cidades, por civis devidamente treinados e organizados em defesa civil. Isso implica em baixas temperaturas no interior do concreto (BAUER, 2000, p.443).

Bauer (2000, p.295) observa que, para a proteção das armaduras, o recobrimento de 3cm de concreto é insuficiente, dando proteção inferior a duas horas; já 5 cm constitui uma proteção suficiente de 3 a 4 horas. As argamassas de cal e areia não são adequadas a esse fim, por se desagregarem em temperaturas relativamente altas (900 °C).

Tabela V.15 - Resistência ao fogo de alguns elementos construtivos.

Material	Espessura (cm) corresponde à resistência de			
	4h	3h	2h	1h
Concreto armado, estrutura com proteção, agregados leves	4	4	4	3
Concreto armado, estrutura com proteção, agregados comuns	6	6	5	4
Concreto armado, estrutura com proteção, revestimento de tijolos	8	5	5	5
Concreto armado, estrutura com proteção, revestimento de gesso	5	5	3	3
Estrutura metálica com revestimento comum	-	-	-	3
Estrutura metálica com alvenaria de tijolos	8	5	5	5

Fonte: Adaptado Bauer (2000, p.295).

Resistência ao fogo aço:

Segundo Dias (2001, p.154), a exposição do aço a altas temperaturas faz degenerar as suas características físicas e químicas, causando redução da resistência e da rigidez. Uma estrutura de aço sujeita à temperatura de 600 °C apresenta 50% da resistência em estado normal; à temperatura de 700 °C, a resistência é próxima dos 20% da inicial. Dependendo da massividade da estrutura, o tempo para atingir temperaturas mais elevadas é maior ou menor. A Tabela V.17 apresenta a temperatura do aço, sem proteção térmica, em função do fator de massividade, considerando o tempo de exposição da estrutura ao fogo. Com a utilização de revestimentos protetores como forma de evitar a ação direta do fogo nas estruturas, é possível aumentar o número de horas de exposição no caso de um incêndio.

Este encapsulamento pode trazer uso de técnicas tradicionais, com materiais alvenarias ou mesmo a própria concretagem que envolve as colunas e as vigas de aço, utilizar placas rígidas de materiais compostos, como gesso e vermiculita, argamassa de asbesto, argamassa de vermiculita, mantas de fibra-cerâmica, manta de lã de rocha ou produtos mais resistentes, como as tintas intumescentes e os à base de gesso e fibras. (DIAS, 1997, p.156).

Com base nas caracterizações expostas, pode-se concluir que uma estrutura sem proteção, com baixo fator de massividade, $50m^{-1}$, sujeita a um incêndio padrão, atinge as temperaturas apresentadas na Tabela V.16.

1. Tecnologia na projetividade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

Tabela V.16 - Temperaturas de estruturas sem proteção.

Temperatura	Situação da estrutura	Tempo de incêndio
400°C	Início do colapso estrutural 100% resistência estrutura	≅ 20 min.
500°C	80% resistência estrutura	≅ 25 min.
600°C	40% resistência estrutura	≅ 30 min.
700°C	20% resistência estrutura	≅ 40 min.
800°C	10% resistência estrutura	≅ 50 min.

Fonte: Adaptado Bauer (2000, p.295).

Esses dados permitem concluir que as estruturas metálicas, dependendo do seu fator de massividade e da presença de revestimentos para proteção, resistem ao fogo por até 120 minutos. Na confecção do modelo, no capítulo 6, são utilizadas como dados de referência as determinações da norma NBR 14432 para a definição da variável segurança.

5.2.2 Estanqueidade

A estanqueidade das coberturas é definida pela proteção do espaço interior contra as intempéries, ou seja, pela impossibilidade da entrada da água do contexto externo para o interno. A possibilidade da entrada de umidade e chuva para o ambiente está diretamente relacionada com a capacidade de ventilação e proteção da cobertura, ou seja, com o tamanho e características das aberturas do dispositivo de iluminação e ventilação, que caracterizam a iluminação zenital. Os dispositivos de iluminação e ventilação *shed*, lanternim e alguns sistemas domus podem permitir a entrada de chuva e umidade para o ambiente interior.

O índice IVN (Índice de Ventilação Natural) determina também o grau de estanqueidade da esquadria, ou seja, quanto maior o IVN, menor o grau de permeabilidade do dispositivo de iluminação e ventilação. O índice originalmente foi proposto por Scigliano e Hollo (2001) como um coeficiente de desempenho de sistemas de iluminação e ventilação de coberturas de ambientes industriais. Para efeito de análise, o grau de estanqueidade foi dividido em pouco estanque, mediamente estanque e estanque. Essa graduação está relacionada com o índice R_{aa} dos vários sistemas de iluminação e ventilação utilizados na cobertura.

$0 < R_{aa} < ou = 0,38$ - Cobertura estanque;

$0,38 < ou = R_{aa} < 0,75$ - Cobertura mediamente estanque;

$R_{aa} > ou = 0,75$ - Cobertura pouco estanque;

Na Tabela V.17 é apresentado o grau de estanqueidade de uma série de dispositivos de iluminação e ventilação para coberturas.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

Tabela V.17 - IVN definindo grau de estanqueidade.

DESCRIÇÃO DA COBERTURA DO EDIFÍCIO E DOS APARELHOS DE SAÍDA DE AR		IVN
	Edifício com cobertura tipo shed, com 9,15% de iluminação com: - 1 aparelho tipo veneziana da comovent ref. 50 com 7 passagens de ar de valor nominal de 3,3cm entre aletas instalado sobre toda a extensão de uma abertura de 0,915m de vão de luz, a cada 10m.	0,44
	Edifício com telhas de concreto tipo W, com 12,5% de iluminação tipo zenital com: - domo comum com 2 passagens de ar de valor nominal de 12,2cm instalado sobre toda a extensão de uma abertura de 1,25m de vão de luz, a cada 10m.	0,51
	Edifício com telhas de concreto tipo W, com 12,5% de iluminação tipo zenital com: - 1/3 de domo tipo l-28 zenital com passagens de ar de valor nominal de 28,0cm e com; - 2/3 de domo comum sem saída de ar instalados sobre toda extensão de uma abertura de 1,25m de vão de luz, a cada 10m.	0,56
	Edifício com telhas de concreto tipo W, com 12,5% de iluminação tipo zenital com: - 2/3 de domo tipo L-20 com passagem de ar de valor nominal de 21,0cm e com; - 1/3 de domo comum sem saída de ar instalados sobre toda a extensão de uma abertura de 1,25m de vão luz, a cada 10m.	0,71

Fonte: Scigliano e Holl (2001:159).

Com a utilização desses índices, é possível verificar o grau de estanqueidade dos diferentes sistemas de iluminação e ventilação de coberturas, possibilitando, na confecção do modelo no capítulo 6, a determinação da variável de análise.

5.3. Variável de avaliação sustentabilidade

5.3.1 Sustentabilidade

Segundo Filho e Garcia (2002, p.1815), a produção, o uso e a manutenção dos edifícios trazem consigo alguns efeitos nocivos ao meio ambiente. Pela obtenção das matérias-primas e do consumo de recursos energéticos, há um processo de contaminação do meio ambiente, em razão das emissões de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Em cada uma das etapas envolvidas na obtenção e fabricação de materiais de construção podem ser analisados diversos indicadores que sinalizam impactos ambientais ao meio ambiente. Barbosa e Ino (2001, p.143) afirmam que esses indicadores de sustentabilidade num processo produtivo voltado para a indústria da construção podem ser subdivididos em variáveis mais específicas, como consumo de energia, produção de resíduos, emissão de substâncias nocivas ao meio ambiente (atmosfera, água e solo), consumo de recursos renováveis, uso de combustíveis fósseis, uso de recursos escassos, grau de reciclagem e reutilização dos materiais, durabilidade dos materiais ou da própria edificação, aproveitamento de recursos locais, assim como da cultura construtiva local, entre outros. Um dos principais indicadores de sustentabilidade, segundo Lawson (1997), é o cálculo da taxa de energia embutida nos materiais, nos componentes e nas edificações.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

Essa taxa é quantificada pela energia global requerida (*GER - Gross energy requirement*), a qual é consumida em todas as etapas da cadeia produtiva ou pela energia requerida do processo (*PER - Process Energy Requirement*). A Tabela V.18 apresenta valores obtidos pelo PER para materiais de construção.

Tabela V.18 Valores obtidos pelo *PER* para materiais de construção.

MATERIAL	ENERGIA EMBUTIDA
Cimento	5,6 mj / kg
Bloco de concreto	1,4 mj / kg
Vidro	12,7 mj / kg
Aço galvanizado	38,0 mj / kg
Alumínio	170,0 mj / kg

Fonte: Lawson (1997).

Segundo CIB (1999) apud Barbosa e Ino (2001), outro importante indicador de sustentabilidade que influencia diretamente na classificação do meio ambiente é a quantidade de resíduos sólidos produzidos em seu processo de transformação, considerando a capacidade de reutilização e reciclagem no final do processo de produção ou em cada uma das etapas da cadeia produtiva. Estima-se que as construções são responsáveis por gerar aproximadamente 40% de todos os resíduos produzidos pelo homem.

O potencial de reciclabilidade de materiais é um terceiro importante indicador de sustentabilidade apresentado na Tabela V.19.

Tabela V.19: Potencial de reciclabilidade.

MATERIAL DE CONSTRUÇÃO	POTENCIAL DE RECICLABILIDADE
Aço, alumínio, cobre, zinco, poliuretano, polipropileno, cerâmica, concreto	Recicláveis
Cimento- amianto	Não reciclável
Madeira tratada com produtos químicos tóxicos	Não reciclável

Fonte: Greem Building Digest (1995); Vilson (1995), Gamdovia et al. (1994).

Segundo Sterb e Sattler (2001), dentre alguns métodos para análise ambiental do ciclo de vida de materiais de construção podem-se citar aqueles descritos por Anink et al. (1996), Lawson (1996), Lippiatt (1998) e em Green Building Digest (1995).

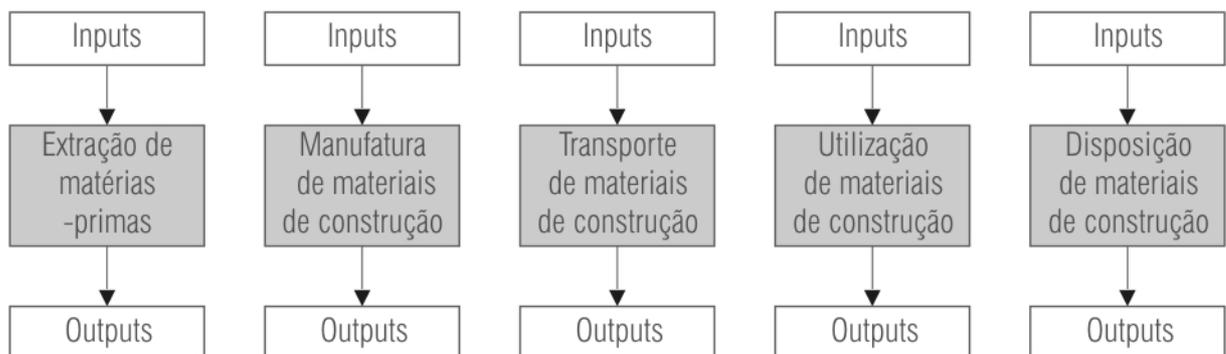
Todos estes métodos defendem a seleção de materiais de construção que representam o maior impacto ambiental durante seu ciclo de vida, estimulando os melhores produtos e práticas da indústria manufatureira. Contudo, observa-se que a dispersão e escassez de dados representa um dos maiores problemas atuais para a concretização de uma seleção que realmente resulte em um menor impacto ambiental total. (STERB e SATTLE, 2001, p.166).

Sterb e Sattler (2001) afirmam que, considerando o conceito de análise do ciclo de vida, a avaliação dos principais impactos ambientais relacionados a materiais de construção pode ser

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

dividida em cinco fases de estudo: primeiro, na análise detalhada dos impactos referentes à aquisição das matérias-primas; segundo, os impactos durante a manufatura dos materiais de construção; terceiro, os impactos devidos ao transporte desses materiais; quarto, os impactos durante a utilização desses materiais em edificações e, por fim, os impactos referentes à disposição final dos mesmos.

Deve-se ainda salientar que cada uma dessas cinco etapas básicas está diretamente direcionada a *inputs* e *outputs* responsáveis pela geração de impactos ambientais. Enquanto os *inputs* podem representar recursos materiais, energéticos, etc, os *outputs* podem abranger as emissões aéreas, efluentes líquidos e resíduos, etc. Na Figura 5.7 observa-se um esquema simplificado dessas etapas do ciclo de vida de materiais de construção.

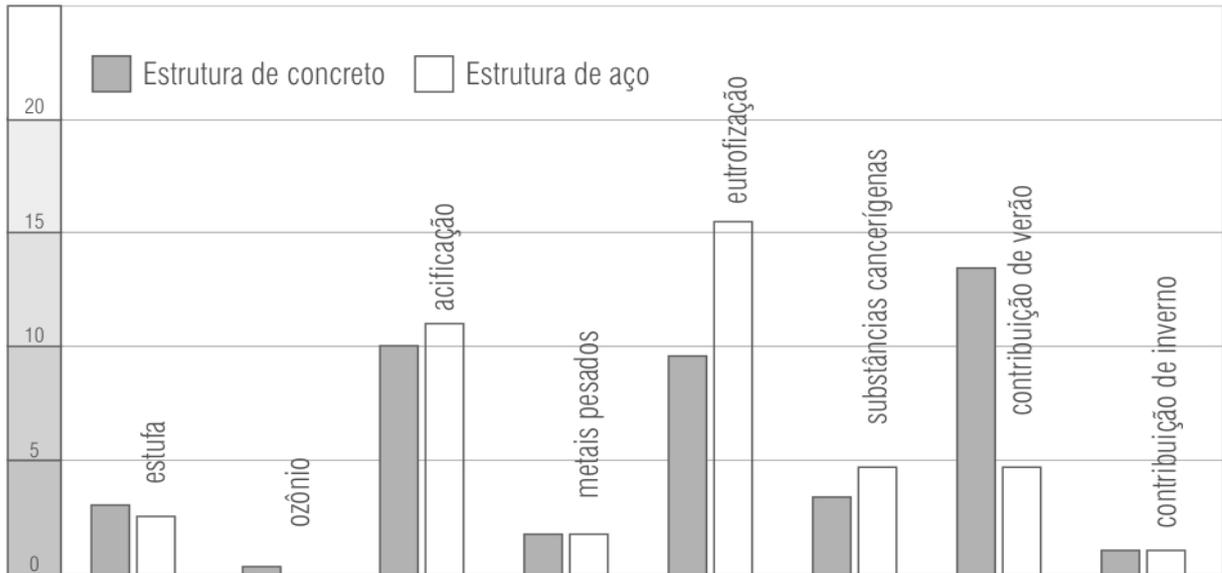


Fonte: Sperb e Sattler (2001, p.166).

Figura 5.7 - Principais etapas do ciclo de vida dos materiais de construção.

Filho e Garcia (2002) apresentam os resultados de uma análise efetuada em dois sistemas estruturais para a cobertura de um galpão industrial, o primeiro estruturado com pré-moldados de concreto protendido e o outro, com o uso de perfis de aço laminado. Foi utilizada a ferramenta da análise do ciclo de vida - ACV para quantificar e identificar os principais aspectos, desde o ponto de vista de suas ações ao meio ambiente. Nessa análise são apresentados os impactos (efeitos) dos dois sistemas estruturais ao meio ambiente, considerando a contribuição para o efeito estufa, a interferência na camada de ozônio, a acidificação, a eutrofização, a liberação de metais pesados, a liberação de substâncias cancerígenas, a contribuição de verão e de inverno (Figura 5.8). Somando os indicadores de cada categoria analisada, é possível chegar a um número único, que representa o impacto ao meio-ambiente de cada uma das soluções propostas.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	



Fonte: Filho (2002).

Figura 5.8 – Análise Ciclo de vida, estudo comparativo aço/concreto.

As diferenças do impacto ambiental entre diferentes sistemas de coberturas industriais é caracterizada principalmente pelo sistema estrutural, já que as desigualdades entre os telhamentos são desprezíveis.

5.4. Variável de avaliação funcional e de custos

5.4.1. Flexibilidade da planta

A propriedade *flexibilidade da planta industrial* está associada à liberdade do espaço arquitetônico gerado, ou seja, ao menor número de apoios estruturais e fechamentos verticais internos. As necessidades quanto à configuração ideal do espaço físico interior estão intimamente ligadas aos requisitos dos processos industriais. O número mínimo de apoios do plano horizontal tem uma estreita relação com o sistema estrutural escolhido para o fechamento da cobertura em decorrência da variação dos vãos dos diferentes elementos de sustentação. Os sistemas mais utilizados são: as estruturas de concreto armado simples, de concreto armado protendido e em aço. Conforme a Tabela V.20, que é uma compilação oriunda de Belley (2000) e Rebello (2001), as plantas mais flexíveis são as com sistemas estruturais em aço, em decorrência de aparecerem vãos com até 100,0 m (caso das treliças espaciais).

Tabela V.20 – Relação sistema estrutural/vão a vencer.

Sistema Estrutural	VÃO PEQUENO	VÃO MÉDIO	VÃO GRANDE
	ATÉ 15,00m	15,00 A 36,00m	MAIS DE 36,00m
Concreto armado		20,00m	
Aço			
Concreto protendido		35,00m	40,00m

Fonte: Belley (2000), Rebello (2001).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

Nesse sentido, existe uma relação direta entre os vãos obtidos pelos sistemas estruturais e a flexibilidade da planta livre.

5.4.2. Custos

A variável de análise a ser apresentada é uma das mais complexas a serem tratadas em decorrência da dificuldade para a definição da situação ideal dos custos de uma cobertura. Assim, inicialmente, apresenta-se a estruturação da análise da variável custos para, posteriormente, de forma qualitativa, equacionar as diferentes categorias de composição do sistema estrutura-telhamento. Consideram-se na análise os custos de implantação e manutenção das coberturas industriais, o primeiro determinado pela materialização do plano horizontal e o segundo vinculado à limpeza e pintura. Estévez (2001, p.167) apresenta os custos de manutenção e implantação de vários tipos de coberturas (telhamentos) (Tabela V.21). Pela tabela é possível verificar os maiores custos das coberturas com concreto protendido, como também os menores junto às coberturas de alumínio. Uma segunda importante informação referente a custos é a relação vão-custos. Estévez (2001, p.163) apresenta a relação vão-custos para um conjunto de telhamentos (Figura 5.10).

Tabela V.21 – Custos de manutenção e implantação de diferentes sistemas de coberturas (US\$).

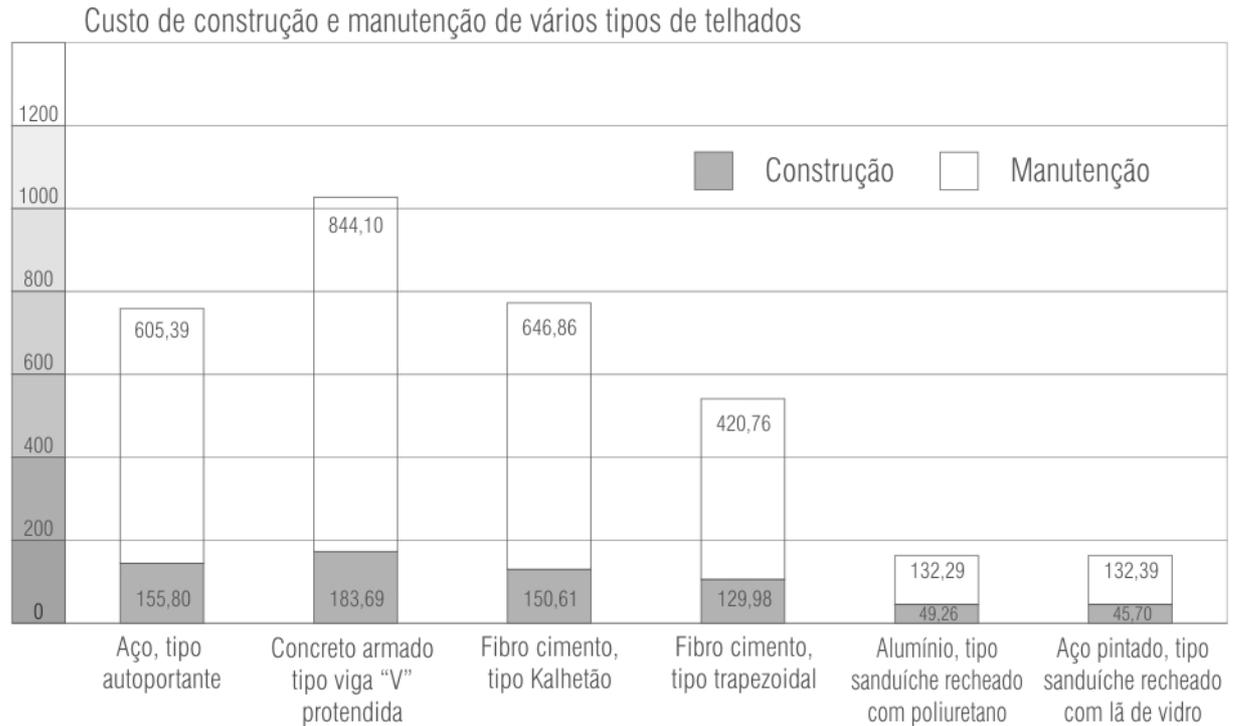
Tipo de telha	Comprimento da telha, em metros											
	4,00	5,00	6,00	7,40	8,00	9,20	10,00	12,00	15,00	20,00	22,50	25,00
Aço pintado, tipo sanduíche recheado com lâ de vidro					42,08	42,08	42,08	42,08				
Alumínio tipo sanduíche recheado com poliuretano					38,50	38,50	38,50	38,50				
Alumínio tipo trapezoidal	16,00	15,80	15,66									
Fobrocimento, tipo <i>Kalhetão</i>			33,73	33,38	33,23	33,08						
Concreto armado, tipo viga “V” protendida									60,50	63,25	67,10	69,30
Aço, tipo autoportante					33,12	33,12	33,12	33,12	33,12	33,12		

Fonte: Estévez (2001, p.167).

É importante também, neste ponto da análise, identificar o motivo da definição da abordagem qualitativa para a caracterização dos custos das coberturas de uma indústria. O termo “qualitativo” nesta análise, está presente na segmentação das diferentes possíveis composições do sistema telha-estrutura numa escala de intensidades de custos, considerando a implantação, pintura e limpeza como variáveis de referência.

A Tabela V.22 caracteriza as possíveis combinações do sistema, considerando as telhas metálicas simples e sanduíche, as estruturas de concreto armado, protendido e metálica, para vãos de 15,00, 36,00 e 100,00 metros.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	



Fonte: Estévez (2001, p.163).

Figur 5.9 – Relação vão-custos para diferentes sistemas de coberturas industriais.

Por meio da abordagem qualitativa é possível comparar o custo de diferentes sistemas e, após, avaliar o impacto no âmbito das variáveis tecnológicas e ambientais na análise de diferentes possibilidades de coberturas industriais.

Tabela V.22 – Possíveis combinações do sistema estrutural e dos telhamentos para a análise com abordagem qualitativa da variável custos.

Possíveis combinações de estruturas com respectivos vãos	Possíveis sistemas de telhamentos metálicos
Vãos de até 15 m, estrutura de concreto armado	Telha simples
Vãos de até 15 m, estrutura de concreto armado	Telha sanduíche
Vãos de até 15 m, estrutura de concreto protendido	Telha simples
Vãos de até 15 m, estrutura de concreto protendido	Telha sanduíche
Vãos de até 15 m, estrutura de aço	Telha simples
Vãos de até 15 m, estrutura de aço	Telha sanduíche
Vãos de 15 a 36,00 m, estrutura de concreto protendido	Telha simples
Vãos de 15 a 36,00 m, estrutura de concreto protendido	Telha sanduíche
Vãos de 15 a 36,00 m, estrutura de aço	Telha simples
Vãos de 15 a 36,00 m, estrutura de aço	Telha sanduíche

No que tange ao aspecto custos de manutenção, foram consideradas como variáveis de análise a limpeza e a pintura das estruturas e dispositivos de ventilação e iluminação dos sistemas de coberturas. No âmbito da limpeza das coberturas, foi considerada a presença de venezianas e de dispositivos de ventilação e iluminação com vidros, como também a presença ou não de passarelas de manutenção. Utilizando a abordagem qualitativa na análise de custos das coberturas, foram configuradas as seguintes situações de análise (Tabela V.23).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

Tabela V.23 – Classificação crescente dos custos de limpeza de coberturas industriais.

Custos de Manutenção, combinações de sistemas de coberturas
Sistema de cobertura sem venezianas e sem elementos com vidros
Sistema de cobertura sem venezianas e com elementos com vidros com passarela de manutenção
Sistema de cobertura com venezianas e com elementos com vidros com passarela de manutenção
Sistema de cobertura sem venezianas e com elementos com vidros sem passarela de manutenção
Sistema de cobertura com venezianas e com elementos com vidros sem passarela de manutenção

Ainda no âmbito da manutenção das coberturas industriais, foi verificada a necessidade da utilização da variável vinculada à pintura da estrutura do sistema de fechamento horizontal (Tabela V.24). Nas variáveis de análise foram consideradas as características das estruturas dos diferentes sistemas de cobertura no que diz respeito à seção como também ao grau de compactidade.

Tabela V.24 – Classificação crescente dos custos de manutenção das coberturas, pintura da estrutura.

Custos de Manutenção, combinações de sistemas de coberturas
Elemento estrutural não vazado com seção regular
Elemento estrutural não vazado com seção irregular
Elemento estrutural vazado com seção regular
Elemento estrutural vazado com seção irregular
Elemento estrutural treliçado

Considerando os itens de análise descritos, é possível comparar o impacto gerado por diferentes sistemas de coberturas industriais no âmbito das variáveis tecnológica, ambiental e de custos na escolha do plano horizontal para uma indústria.

5.5. Os requisitos que a cobertura deve satisfazer na leitura visual do edifício industrial

Analisar uma cobertura isoladamente, sem o contexto da edificação, pode ser válido apenas para as dimensões vinculadas às características quantificáveis do elemento de arquitetura. Por isso, neste item, são apresentados, inicialmente, os dois papéis do elemento de arquitetura para, posteriormente, quando da análise dos aspectos da dimensão formal da projetualidade de coberturas industriais, apresentar uma análise vinculada a um contexto compositivo caracterizado por duas correntes distintas.

Os dois papéis da cobertura na projetualidade de edifícios industriais podem ser caracterizados como “funcional”, vinculado ao “funcionamento” do edifício, e “estético”, relacionado aos aspectos subjetivos da composição, aqui tratados através do caráter do elemento de arquitetura. O papel funcional é caracterizado pelas dimensões tecnológica e ambiental do edifício industrial, ao passo que o estético está vinculado com a leitura visual da obra, ou seja, à interação do usuário e do observador externo com o todo construído.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

Os aspectos vinculados ao papel funcional da cobertura já foram apresentados durante a análise das variáveis relacionadas às dimensões tecnológica, ambiental e funcional dos fechamentos horizontais. São caracterizados, resumidamente, a seguir em decorrência da necessidade da apresentação completa da classificação gerada.

5.5.1. Papel “funcional” da cobertura de um edifício industrial

Inicialmente, é necessário destacar o papel primordial de uma cobertura, que é de proteção. Essa proteção da cobertura está vinculada principalmente a aspectos de segurança e estanqueidade. O aspecto segurança relaciona-se à proteção contra o fogo, como também à estabilidade do elemento, ao passo que a estanqueidade relaciona-se à proteção contra as intempéries e à entrada de umidade no ambiente de trabalho.

A cobertura de um edifício industrial é o maior plano construído no contexto da edificação, tendo, portanto, uma grande influência na ambiência interna do chão de fábrica. No que tange à dimensão ambiental, a cobertura de uma indústria deve proporcionar a renovação do ar interior, conjuntamente com aberturas de ventilação laterais, que são controladas em diferentes períodos do ano, como também deve gerar iluminação difusa ao ambiente de trabalho, controlando, portanto, a radiação solar direta, sob pena do comprometimento do funcionamento de máquinas e equipamentos. A cobertura deve também controlar os ruídos gerados no ambiente interior a fim de minimizar o impacto no exterior. Pela possibilidade de entrada da luz no ambiente interior pelos dispositivos de iluminação zenital, a cobertura tem também um papel decisivo no humor e na qualidade do trabalho dos funcionários do chão de fábrica. O papel funcional da cobertura, no que tange à dimensão ambiental, vincula-se ao conforto térmico, visual e acústico dos trabalhadores.

Ainda considerando o papel da cobertura, é importante destacar o papel funcional do plano horizontal de um grande vão no sentido da racionalidade da planta industrial, ou seja, do impacto que a estrutura gera no chão de fábrica pelos apoios verticais, que têm uma influência direta na organização e no desempenho das áreas de produção e armazenamento de edificações fabris. Esses aspectos, citados resumidamente, caracterizam o papel funcional de uma cobertura de um edifício industrial. No capítulo em seqüência, testa-se a viabilidade do uso de uma ferramenta de apoio à decisão no que tange aos aspectos vinculados ao papel funcional de uma cobertura industrial, como também relacionado a custos, com o objetivo de apoiar o arquiteto durante o processo de decisão, como repertório para a projetualidade dos elementos de arquitetura do plano horizontal. Com base na análise já realizada sobre o papel funcional da cobertura, através das variáveis descritas no item anterior, apresentam-se na Figura 5.10 os aspectos a serem considerados durante a análise do desempenho funcional de uma cobertura de um edifício industrial (aspectos mensuráveis).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

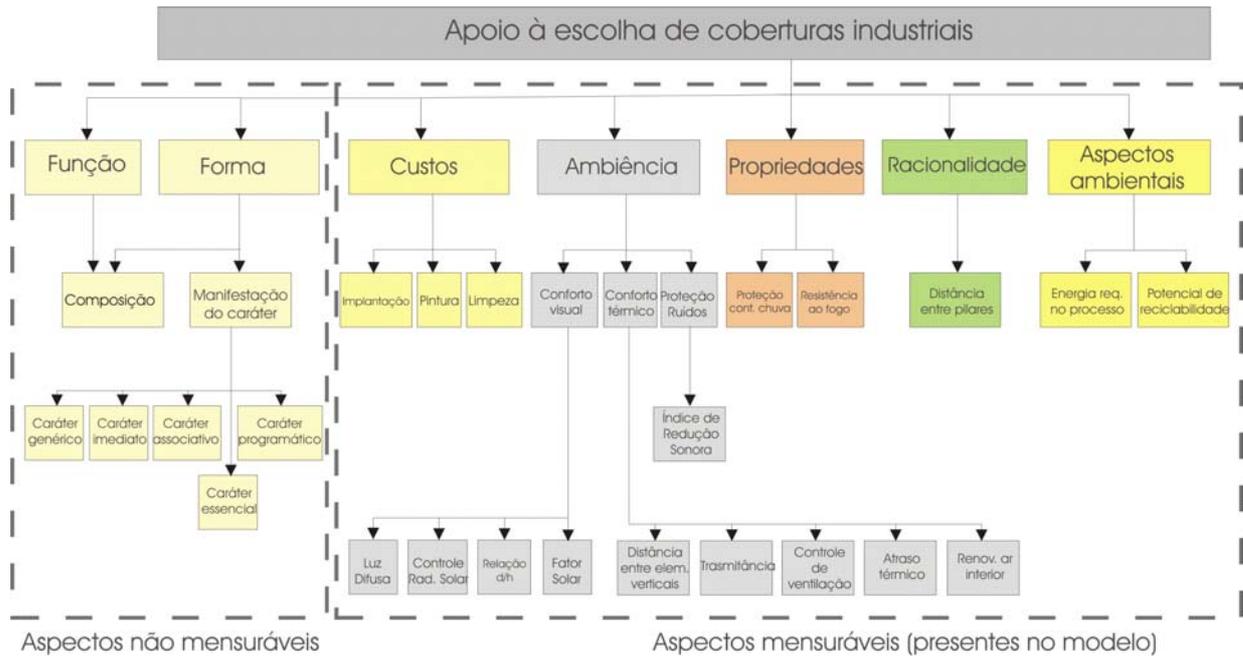


Figura 5.10 – Variáveis de análise do papel funcional de uma cobertura de um edifício industrial

5.5.2. O carácter arquitetónico de uma cobertura industrial

A análise de uma cobertura isoladamente, sem o contexto do edifício, é válida apenas considerando o estudo do papel funcional do elemento de arquitetura numa edificação qualquer. Desse modo, a discussão dos requisitos visuais que a cobertura de um edifício industrial deve satisfazer é conduzida com base nos cenários compositivos de tais edifícios, já descritos no capítulo 3.

As coberturas para edifícios com grandes vãos no final do século XX e o grande desenvolvimento tecnológico, somado à nova “estética da mensagem”, proporcionaram que a projetualidade das coberturas na atualidade seja caracterizada, no que tange à dimensão formal, por duas tendências distintas, já apresentadas. A pluralidade de estilos de arquitetura praticados na atualidade respalda uma diversidade de soluções projetuais do plano horizontal, ora valorizado como elemento de força no todo compositivo, pela valorização das dimensões formal e tecnológica da sua projetualidade, ora trabalhado de forma discreta, inserido num todo compositivo de cunho racionalista.

A leitura visual de um elemento de arquitetura está diretamente relacionada com as propriedades da forma da parte material, como também a aspectos vinculados ao gosto de quem faz a análise. As propriedades da forma da cobertura são analisadas por intermédio da abordagem das duas correntes compositivas dos edifícios industriais na atualidade, considerando o papel do fechamento horizontal no todo compositivo, ou seja, descrevendo a

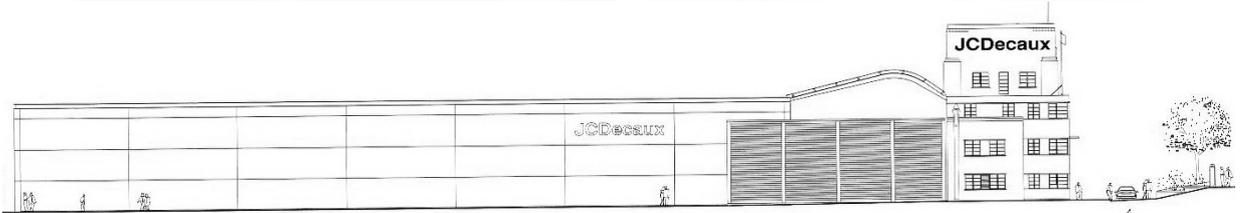
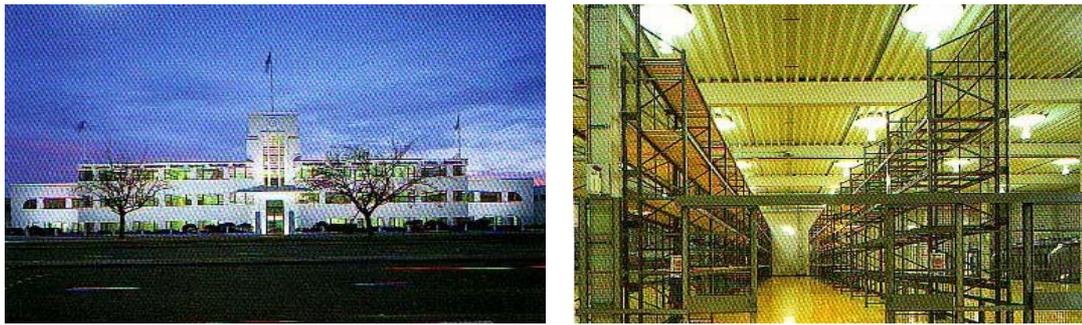
1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetónica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

influência do plano horizontal nas diferentes possibilidades de manifestação do caráter de uma fábrica.

A primeira corrente descrita no capítulo 3 é caracterizada por um edifício industrial vinculado, essencialmente, à resolução do programa (Figura 5.11). É importante destacar a possibilidade da análise dos princípios estruturadores do edifício com base na leitura da presença e da classificação da ênfase da dimensão tecnológica. As formas simplificadas com a presença da dimensão tecnológica funcional discreta caracterizam edifícios totalmente vinculados às necessidades funcionais, nos quais não são considerados cuidados com relação às demais dimensões presentes na projetualidade desses, caracterizando muitas vezes uma arquitetura banal.

Já as formas simplificadas com a presença das dimensões tecnológicas representativa intrusiva e funcional representativa referem-se a edifícios modernos, nos quais os princípios estruturadores de maior peso na composição relacionam-se à tecnologia, como é o caso das novas fábricas automobilísticas da Volkswagen na Alemanha, por exemplo. Nessa corrente, essencialmente funcionalista, a cobertura normalmente não se destaca na composição; ao contrário, não é vista na altura do observador, e, o caráter industrial é reforçado quando da presença de *sheds*, por meio dos quais se caracteriza o caráter programático e associativo dos edifícios. Existe uma relação muito forte entre o *shed* e a imagem projetada pelas pessoas no que diz respeito a um edifício industrial. O caráter programático vincula-se aqui à definição de Mahfuz (1995), no qual é expressado também, de modo visual ou simbólico, o propósito para o qual o edifício foi construído. Já o conceito de caráter associativo vinculado ao emprego de elementos convencionais ganha significado pela associação com algo existente. Através dos fechamentos transparentes das novas fábricas automobilísticas da Volkswagen, com o intuito de criar um laço mais forte entre o usuário e o produto, caracteriza-se o caráter genérico determinado pelo partido e pelas suas relações entre espaços internos e externos. Ainda no âmbito do caráter genérico, as coberturas, por meio dos dispositivos de iluminação zenital, podem gerar uma interação entre o ambiente interior e o exterior no âmbito do plano horizontal, o que pode parecer curioso no sentido da análise, mas é extremamente importante do ponto de vista psicológico de quem utiliza os espaços interiores, já que a interação com a luz, com as condições climáticas exteriores, é um aspecto muito positivo para quem está no chão de fábrica.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	



Fonte: Foster and Partners (2001, p.199)

Figura 5.11 – O caráter arquitetônico de uma cobertura industrial, tendência das fábricas vinculadas à resolução programática, JCDecaux, Inglaterra, Norman Foster, 1997-2000.

A cobertura, nessa tendência, pode, através do *shed*, identificar ou reforçar a função do edifício industrial, enquanto leitura externa, como também, enquanto leitura interna, qualificar o ambiente por meio dos dispositivos de iluminação zenital, gerando um espaço dinâmico (Figura 5.12). Na segunda corrente dos edifícios industriais existe uma valorização da cobertura no todo construído. Geralmente, junto a essa tendência verifica-se a presença das dimensões tecnológica representativa extrusiva e funcional representativa. A cobertura, nesse contexto, é utilizada como um elemento de grande valor formal e funcional no todo compositivo, aparecendo na composição, e pode apresentar os caracteres arquitetônicos destacados a seguir.



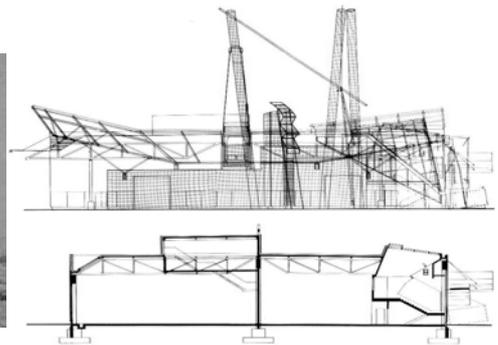
Fonte: Pahl (1999, p.112)

Figura 5.12 – O caráter arquitetônico de uma cobertura industrial, tendência das coberturas valorizadas no todo construído, Centro de Distribuição da Renault, Norman Foster, França, 1980-1982.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

A cobertura pode, por meio de grandes superfícies metálicas, em razão da estrutura aparente, como o centro da Renault, ou das superfícies com telhas metálicas, como é o caso da Indústria Thomson Optronics, reforçar o caráter imediato do edifício (Figura 5.12).

Pela conexão com o mundo exterior por intermédio das coberturas, manifesta-se o caráter genérico. No contexto dessa segunda corrente, na qual as coberturas são valorizadas por meio de formas movimentadas, é manifestado o caráter essencial do edifício, considerando a monumentalidade, vinculada à escala do conjunto plano vertical-horizontal. Também é verificado o “desenvolvimento tecnológico” da empresa através do tecnicismo, caracterizado pela presença de soluções arrojadas, como no centro da Renault, na França. Nesse edifício verifica-se a presença da ênfase da dimensão tecnológica representativa extrusiva. A cobertura pode, ainda, pela presença de chaminés e de *sheds*, caracterizar o caráter programático do edifício (Figura 5.14).



Fonte: Henn (1966, p.134), Schulitz (1992, p.114).

Figuras 5.13, 5.14 – O caráter arquitetônico de uma cobertura industrial, tendência das coberturas valorizadas no todo construído, caráter programático, *shed*, chaminés.

Com as observações realizadas sobre o papel da cobertura como elemento de arquitetura que pode qualificar o edifício, pelas manifestações das diferentes classificações de caráter segundo Mahfuz (1996), buscou-se apresentar aspectos vinculados à interação do plano horizontal do todo construído com o usuário dos espaços interior e exterior.

O importante da análise do papel da cobertura no todo compositivo é ressaltar a necessidade de que se deve relacionar com os demais elementos de arquitetura presentes num edifício industrial, considerando princípios estruturadores vinculados às diferentes dimensões da projetualidade dos referidos prédios, ou seja, a cobertura deve fazer parte da verdade dos edifícios industriais gerados nas diferentes correntes de arquitetura que configuram a diversidade da produção atual. Isso porque, conforme Pahl (1999), a estética da mensagem e da cidade vincula-se às características particulares de cada movimento independente.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
Revisão e panorama da questão	5.1. Variáveis de avaliação ambientais	5.2. Variáveis de avaliação construtivas	5.3. Variável de avaliação sustentabilidade	5.4. Variável de avaliação funcional e de custos	5.5. Os requisitos necessários da cobertura para a leitura visual	

6. CONSTRUÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO DE COBERTURAS INDUSTRIAIS

Na área da administração, as ferramentas que tratam da otimização de decisões vinculam-se, inicialmente, a dois grandes grupos, que se distinguem em decorrência da sua natureza: os construtivistas e os racionalistas. Os de natureza racionalista vinculam-se diretamente à pesquisa operacional, ou seja, são utilizados para otimizar e decidir determinados aspectos, ao passo que os construtivistas vinculam-se e aceitam a complexidade dos processos presentes numa decisão. A escolha de uma cobertura industrial não pode ser caracterizada como um momento único, justificado por um processo estanque. Na arquitetura, o processo metodológico do projeto arquitetônico prevê uma infinidade de pequenos processos retroativos de alimentação de dados e síntese, configurando, portanto, a necessidade da escolha de um método de trabalho cuja natureza seja construtivista. Cabe, aqui, salientar dois importantes aspectos. Primeiramente, é importante, mais uma vez, deixar claro que o modelo a ser construído e analisado é de avaliação dos aspectos tecnológicos, ambientais e de custos de diferentes sistemas de coberturas para edifícios industriais, ou seja:

- 1) é utilizado para avaliar a possibilidade da escolha de determinado sistema de cobertura única e exclusivamente considerando as dimensões tecnológica e ambiental;
- 2) não é um método de escolha, mas de apoio à formação de repertório.

O segundo importante aspecto a ser mencionado é que, em decorrência de o trabalho apresentado restringir-se ao âmbito da arquitetura, na abordagem utilizada, os aspectos vinculados à teoria da gestão do processo decisório são tratados de forma resumida e direta. Assim, a discussão sobre o paradigma científico a ser adotado no trabalho, a identificação do contexto decisório, a estruturação do problema, a estruturação do modelo e a avaliação das ações potenciais são apresentadas nesta tese com uma linguagem simples e direta, objetivando facilitar o entendimento do processo.

A metodologia construtivista utilizada para apoiar o arquiteto é a multicritério MCDA (*Multicriterion Decision Aided*). Na metodologia de construção cada critério é uma função matemática que mede a performance das ações potenciais com relação a um determinado aspecto. A partir da construção do modelo, é possível verificar o impacto de diferentes ações - no trabalho referem-se a distintos sistemas de coberturas - no que tange às referidas dimensões presentes na projetualidade da arquitetura em geral (tecnológica e ambiental). Ou seja, o arquiteto que está projetando um edifício industrial deseja testar diferentes opções de coberturas. Após a definição dos tipos de coberturas a serem testados, tratados no modelo como ações, são avaliados os diferentes sistemas e apresentado o desempenho de cada

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

cobertura nos distintos critérios utilizados para a construção do modelo. Com isso o arquiteto pode escolher o melhor sistema para o edifício a ser projetado.

Segundo Ensslin et al. (2000), o processo de apoio à decisão pode ser dividido em quatro grandes etapas:

- identificação do contexto decisório;
- estruturação do problema dos decisores;
- estruturação do modelo multicritérios;
- avaliação das ações potenciais.

A identificação do contexto decisório vincula-se ao início da criação de um processo de apoio à decisão. Segundo Ensslin (2000, p.61) nesse momento inicial, são tratados três aspectos: identificação dos atores envolvidos na tomada de decisão, definição dos decisores que participam na construção do modelo e identificação do tipo de ação a ser avaliada. No caso desta tese, o decisor é o especialista ou facilitador, o qual constrói o modelo, diferente de um processo tradicional em uma empresa por exemplo, onde os decisores são os gerentes e diretores entre outros profissionais, e o facilitador ou especialista é um técnico da área da gestão do processo decisório. Segundo Vincke (1992) apud Ensslin (2000, p.63) “a idéia de ações refere-se, no contexto das metodologias multicritério em apoio à decisão, aqueles objetos, decisões, candidatos, alternativas, etc., que serão explorados durante o processo decisório”. As ações segundo Ensslin (2000, p.65) classificam-se em reais, fictícias, globais, fragmentadas e potenciais.

“As reais são aquelas originadas de um projeto completamente desenvolvido.... As fictícias correspondem a um projeto idealizado, ou não completamente desenvolvido, que pode ser executado.... Uma ação global é aquela que, quando avaliada, é exclusiva de todas as outras ações introduzidas no modelo multicritério.... A fragmentada não é exclusiva de todas as outras ações.... A potencial é uma ação real ou fictícia, julgada por pelo menos um decisor como um projeto cuja implementação pode ser realmente prevista” (ENSSLIN, 2000, p.65).

As ações a serem avaliadas durante a confecção do modelo poderão ser reais, considerando os sistemas de coberturas disponíveis no mercado a serem testados, ou fictícias, elementos horizontais ainda não disponíveis no mercado, mas que poderão ser analisados.

A estruturação do problema dos decisores, segunda parte da construção de um modelo de apoio à decisão, já foi tratada de forma direta nos capítulos anteriores. Vincula-se à complexidade da compreensão e julgamento da projetualidade dos elementos de arquitetura, como também à possibilidade da utilização de modelos de apoio à decisão como elementos de

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

formação de repertório para o arquiteto. O que, na metodologia, é tratado por “decisor” no trabalho é mencionado, a partir deste momento, como arquiteto. É sugerido por Ensslin (2000, p.75) que a fase de estruturação do modelo seja implementada com base na utilização da construção de mapas cognitivos. Esses mapas objetivam a definição dos critérios a serem utilizados no modelo.

“Seguindo o paradigma construtivista, considera-se que cada decisor constrói seu problema, a partir das informações do contexto decisório percebidas e interpretadas por ele. Sob tal pressuposto, um problema pertence a uma pessoa. Um mapa cognitivo é uma forma de representar o problema do decisor, bem como lidar com grupos de decisores, cada qual com seu próprio problema (ENSSLIN, 2000, p.75)”.

Considerando o decisor e o facilitador a mesma pessoa, como também a obtenção dos critérios de avaliação, apresentados no capítulo 5, com base na Norma ISO DP 6241, durante a fase de estruturação do problema, não foram construídos os mapas cognitivos.

Já na fase posterior de estruturação do modelo multicritérios é apresentada, inicialmente, a problemática de referência, ou seja, são caracterizadas as variáveis a serem utilizadas na análise dos diferentes possíveis sistemas de coberturas industriais, como também os distintos níveis de impacto dos possíveis critérios, ou seja, diferentes graus de avaliação das distintas possibilidades. Na metodologia, os critérios são caracterizados como *descritores*, na verdade, parâmetros, os quais neste momento recebem valores, determinados como *funções de valor* e, posteriormente, possuem pesos. Posteriormente à confecção do modelo, são realizados testes que caracterizam o estudo de caso. No estudo são testados diferentes sistemas de coberturas industriais para uma empresa em Passo Fundo-RS, a importadora GZT, formada por um edifício administrativo e um depósito de armazenamento de produtos. A análise é apresentada nos itens 6.3 e 6.4 – aplicação do modelo e testes e verificações.

6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição

A *problemática de referência* a ser utilizada é a da *descrição*, cujo objetivo é, segundo Ensslin (2000), uma descrição completa e formalizada das ações no que tange à escolha das coberturas industriais.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações



Fonte: adaptado de Ensslin (2000, p.38)

Figura 6.1 – O contexto decisório – primeira etapa.

Conforme caracterizado na revisão bibliográfica do trabalho, as coberturas podem variar quanto à capacidade de interação entre o ambiente interior e o exterior, ou seja, em função dos sistemas de ventilação e iluminação, quanto ao tipo de material das telhas e das estruturas de sustentação, quanto aos custos dos distintos conjuntos, como também pelos diferentes graus de sustentabilidade. Através da combinação dos quatro fatores, várias ações podem ser caracterizadas, entendendo-se neste momento, ação como um possível sistema de cobertura. Quanto à estrutura da cobertura, pode ser em concreto armado, situação corriqueira para pequenos e médios vãos, concreto protendido e metal, para médios e grandes vãos. Quanto ao sistema de iluminação, as coberturas podem possuir dispositivo que proporcione luz ao ambiente interior através do plano horizontal, ou caracterizadas como opacas. Quando da presença dos sistemas de iluminação e ventilação, podem ser classificadas como zenital com lanternim, com *shed* e dupla inclinação. Quanto ao telhamento, existem duas possibilidades para as coberturas de edifícios industriais analisadas: as telhas sem e as com isolamento termo-acústico no seu interior, chamadas “telhas-sanduíche”.

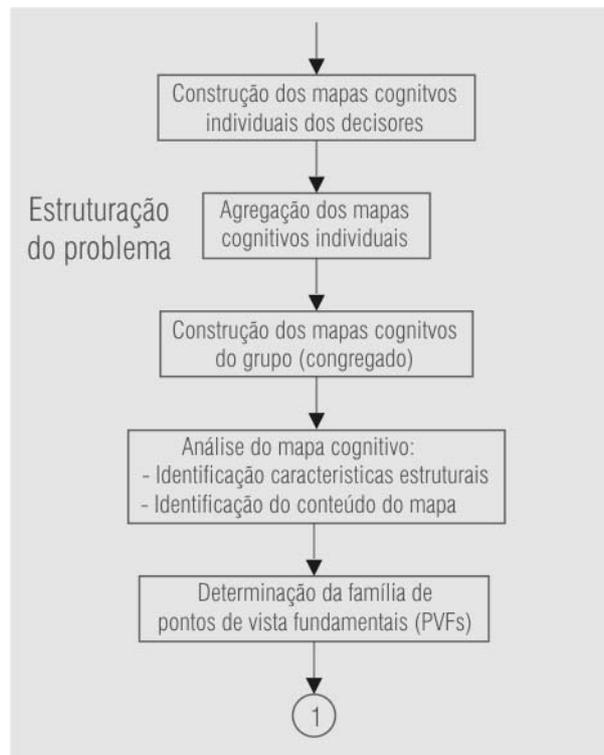
Com base na caracterização da problemática de referência, definida pela possibilidade do apoio à escolha de coberturas industriais, considerando as dimensões tecnológica e ambiental da projetualidade dos fechamentos horizontais, desenvolve-se no item em seqüência o modelo para a posterior análise e verificação da viabilidade de utilização.

6.2. Desenvolvimento do modelo

A segunda etapa é apresentada, esquematicamente, na Figura 6.2, na qual estão caracterizados os vários passos do desenvolvimento do método, tais como a *construção dos mapas cognitivos, agregação e análise dos mesmos e definição dos pontos de vistas fundamentais*. A construção dos mapas cognitivos objetiva a definição das variáveis a serem

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

analisadas para a escolha do elemento de arquitetura cobertura, definidas segundo a metodologia como *pontos de vistas fundamentais*, que nada mais são do que os critérios de análise vinculados aos aspectos tecnológicos e ambientais. Em decorrência de as variáveis terem sido buscadas diretamente da norma europeia de desempenho ISO DP 6241, citada nos principais trabalhos de avaliação pós-ocupação no Brasil, a necessidade da construção dos mapas, como também dos processos intermediários até a definição dos pontos de vistas fundamentais, é desnecessária. Caso as variáveis não estivessem já consolidadas na análise com base na definição dos pontos importantes na escolha de uma cobertura, poderiam ser apresentadas de forma aleatória e, através da utilização do método, seria possível chegar até os pontos de vistas fundamentais, ou seja, até os critérios de análise.



Fonte: Ensslin (2000, p.38).

Figura 6.2 – Estrutura do problema – construção do modelo.

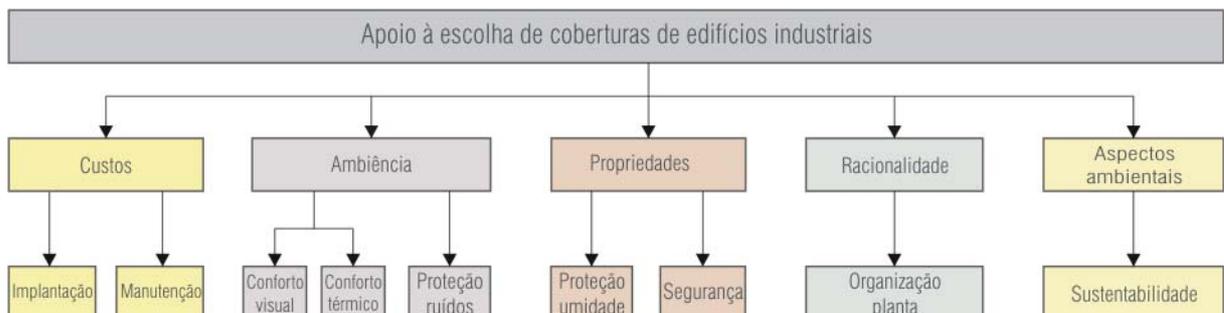


Figura 6.3 – Definição da árvore de arborescência para a análise dos aspectos tecnológicos, ambientais e de custos para a escolha de uma cobertura industrial.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edificios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetónica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

A definição dos pontos de vistas fundamentais, ou critérios de análise, foi possível com base no capítulo 5, onde foram analisadas as variáveis importantes na escolha de uma cobertura industrial (Figura 6.4). As variáveis de avaliação em forma de organograma são caracterizadas em uma árvore de Pontos de Vistas, conforme figura 6.3.

Os *pontos de vistas fundamentais* (PVFs) são, na verdade, as principais variáveis a serem mensuradas durante a análise da escolha de uma cobertura industrial. Na Figura 6.4 aparecem ainda os *pontos de vista elementares* (PVEs), definidos como um maior detalhamento dos PVFs. Tanto os PVFs como os PVEs são utilizados como variáveis de análise dos diferentes possíveis sistemas de coberturas e, através da *construção de descritores*, de graus de impacto, como também das *funções de valor*, permitem a avaliação dos diferentes possíveis sistemas de fechamentos horizontais para uma fábrica.

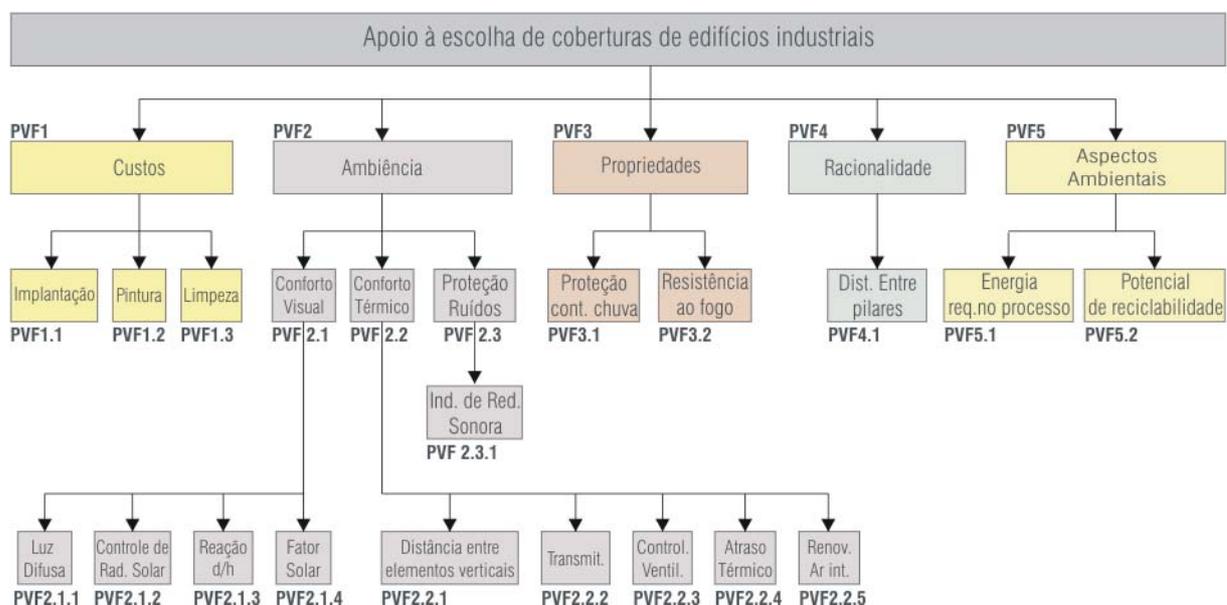


Figura 6.4 – Definição dos PVFs e PVEs.

Ensslin (2000, p.140) apresenta as propriedades que um conjunto de pontos de vista fundamentais devem obedecer: essencial, controlável, completo, mensurável, operacional, isolável, não-redundante, conciso e compreensível. A propriedade de essencialidade vincula-se a consideração do sistema de valores do decisor; já a controlabilidade relaciona-se ao vínculo do PVF, apenas, com às ações potenciais, ou seja, “o PVF deve representar um aspecto que seja influenciado, apenas, pelas ações potenciais em questão” (ENSSLIN, 2000, p.141). A propriedade de completabilidade relaciona-se à necessidade do conjunto de PVFs incluir todos os aspectos considerados fundamentais pelos decisores; já a de mensurabilidade vincula-se à possibilidade da especificação, com menor ambigüidade possível, da performance das ações potenciais; a operacionalidade “possibilita coletar as informações requeridas sobre a

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

performance das ações potenciais, dentro do tempo disponível e com um esforço viável”. A isolabilidade “permite a análise de um aspecto fundamental de forma independente com relação aos demais aspectos do conjunto” (ENSSLIN, 2000, p. 142); já a não-redundância vincula-se à necessidade dos PVFs não serem considerados mais de uma vez na construção do modelo; a concisibilidade relaciona-se ao número de aspectos considerados pelo conjunto de PVFs no sentido de ser o número mínimo necessário para a modelação do problema de forma adequada; e por último, a compreensibilidade relaciona-se ao significado claro do conjunto dos PVFs para que o entendimento do problema seja adequado.

Segundo Ensslin (2000, p.139), é recomendável fazer uma descrição por escrito do significado de cada PVF. As descrições são apresentadas a seguir com o intuito de facilitar a análise e a construção do modelo.

1- CUSTO DE AQUISIÇÃO: Avalia os custos relacionados à implantação da cobertura (estrutura e telhamento);

2- CUSTO DE MANUTENÇÃO: Avalia os custos ligados à manutenção das coberturas (limpeza e pintura);

3- CONFORTO VISUAL: Avalia os aspectos relacionados à presença de luz natural no ambiente de trabalho;

4- CONFORTO TÉRMICO: Avalia as características microclimáticas do ambiente de trabalho, ou seja, temperatura, umidade relativa e renovação do ar interior;

5- PROTEÇÃO CONTRA RUÍDOS: Avalia o desempenho da cobertura no que diz respeito ao isolamento contra ruídos, no caso da interferência interior-exterior e vice-versa;

6- ESTANQUEIDADE: Avalia a proteção da cobertura frente à entrada de água e umidade no ambiente de trabalho, através dos dispositivos de iluminação e ventilação;

7- SEGURANÇA: Avalia a segurança dos diferentes sistemas de coberturas quanto à resistência ao fogo;

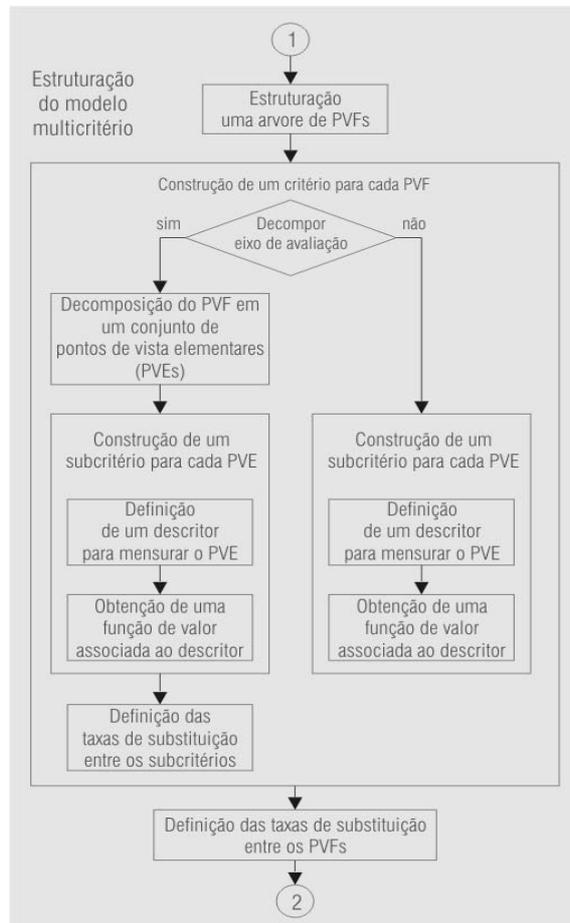
8- ORGANIZAÇÃO DA PLANTA: Avalia o impacto causado pelos pilares de uma estrutura de uma cobertura industrial num chão de fábrica;

9- SUSTENTABILIDADE: Avalia o grau de comprometimento da cobertura com o meio ambiente através da energia embutida na extração, beneficiamento, transporte e instalação dos materiais.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

6.3. Aplicação do modelo: o exemplo

A Figura 6.5 ilustra, de forma esquemática, os passos a serem realizados durante a estruturação do modelo.



Fonte: Ensslin (2000, p.38).

Figura 6.5 – Estruturação do modelo.

Posteriormente à determinação da árvore dos pontos de vistas, é possível caracterizar os *descritores* para cada PVF e PVE, ou seja, a partir da determinação das variáveis devem-se definir os critérios de avaliação das mesmas.

Entendendo o conceito de descritores

Segundo Bana e Costa (1992) apud Ensslin (2000, p.145), o descritor pode ser definido como um conjunto de níveis de impacto que servem como base para descrever as performances plausíveis das ações potenciais em termos de cada PVF. Cada nível de impacto pode ser encarado como a representação do desempenho (impacto) de uma ação potencial nesse objetivo, entenda-se ação potencial como um possível sistema de cobertura industrial a ser avaliado. Ensslin (2000, p.145) afirma que, na construção de um critério, duas ferramentas são

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

necessárias: um descritor e uma função de valor associada a tal descritor. Os descritores fornecem um melhor entendimento daquilo que representa a preocupação do decisor ao mensurar uma dimensão do contexto decisório.

A função de valor pode ser entendida como uma avaliação para cada nível de impacto de uma possível variável de análise. Na construção de um descritor existe uma série de observações a serem seguidas, como a apresentação dos seus tipos e características. A necessidade de racionalização da apresentação da tese define a caracterização enxuta de toda a metodologia; portanto, os aspectos de teorização da ferramenta são reforçados também através de um estudo de caso.

Os descritores segundo Keeney (1992) apud Ensslin (2000, p.146) são classificados em três tipos: diretos, construídos e indiretos. Os mesmos são também classificados em quantitativo ou qualitativo, e contínuo ou discreto. Os descritores diretos possuem uma forma de medida numérica intrínseca; já os construídos são fruto de pontos de vistas de maior complexidade, os quais não podem ser representados por um descritor único. Os descritores indiretos “associam um evento ou propriedade fortemente relacionada ao ponto de vista e o utiliza como um indicador” (ENSSLIN, 2000, p.146). Os descritores qualitativos e quantitativos relacionam-se à utilização ou não de números ou expressões semânticas para a descrição de pontos de vistas; já os descritores discretos e contínuos relacionam-se a utilização de números finitos ou expressões matemáticas para a definição de níveis de impacto.

Durante a construção dos descritores é necessário entender as propriedades que os mesmos devem possuir para que operacionalizem adequadamente um PVF. Ensslin (2000, p.160) afirma que as propriedades desejáveis para os descritores são três: mensurabilidade, operacionalidade e compreensibilidade. “Um descritor é mensurável quando permite quantificar a performance de uma ação de forma clara; é operacional quando define claramente como e quais dados coletar; permite mensurar um aspecto de forma independente de qualquer outro aspecto considerado; para que seja compreensível, cada descritor deve permitir a descrição e interpretação da performance da ação potencial de forma não ambígua” (ENSSLIN, 2000, p.160, 161). A Figura 6.6 exemplifica como uma determinada variável durante a construção de um descritor é analisada através dos diferentes níveis de impacto. O critério utilizado é a iluminação difusa de um ambiente de trabalho, mensurada através do critério CLD (Coeficiente de Luz Diurna).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

Entendendo os níveis de impacto

O primeiro passo é criar uma escala de níveis de impacto que vai do maior para o menor valor, sendo o maior caracterizado pelo melhor resultado possível no ambiente de trabalho e o menor, o pior aceitável. A Figura 6.7. apresenta, de forma esquemática, a definição dos descritores, para que, posteriormente, seja feita a definição das funções de valor.



Figura 6.6 – Definição dos níveis de impacto.

Definidos os descritores, ou parâmetros, é necessária a definição dos níveis de impacto bom e neutro, importante para a posterior caracterização das escalas de valor, ou seja, valores para diferentes graus de impacto. O nível neutro define a ação aceitável, abaixo do qual as ações ou tipos de coberturas não seriam atrativas para determinada escolha ou variável.

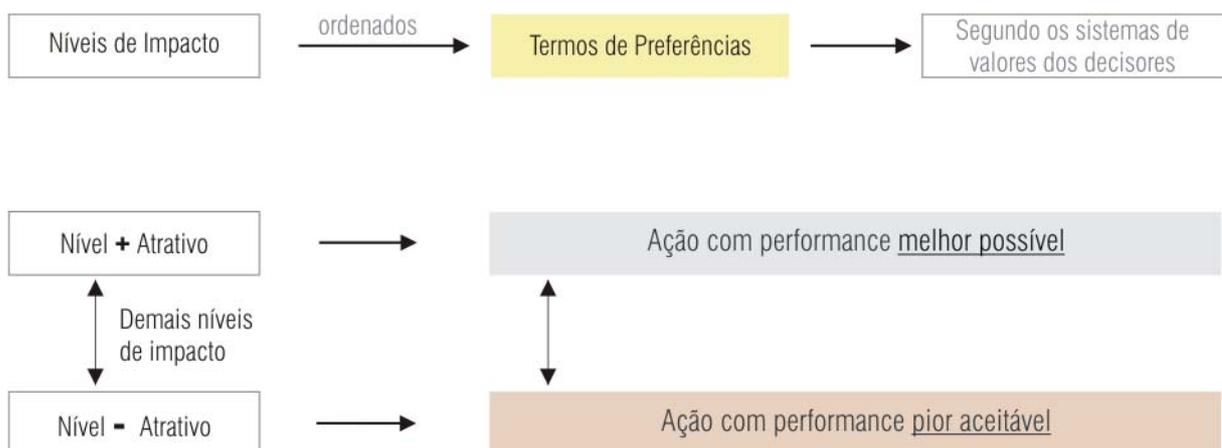


Figura 6.7 – Esquema de definição dos níveis de impacto dos descritores.

A Figura 6.8 apresenta, de forma esquemática, as ações atrativas e não atrativas.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

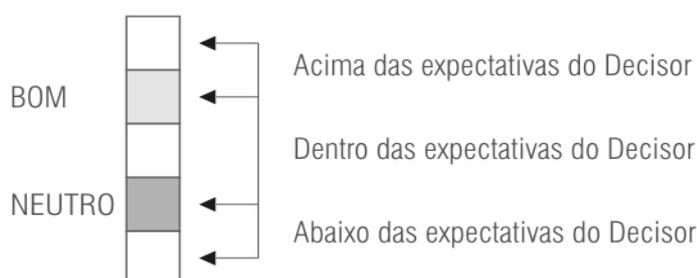


Figura 6.8 – Definição dos níveis de impacto Neutro e Bom.

A seguir são apresentados os descritores criados para as diferentes variáveis identificadas no capítulo 5. Está presente também a definição dos níveis de impacto neutro e bom. **É importante registrar que a construção dos descritores, presentes nas tabelas a seguir, vincula-se diretamente às conclusões presentes no capítulo 5, as quais apresentaram as variáveis de análise das coberturas de edifícios industriais, ou seja, a definição inicial das variáveis a serem trabalhadas no modelo. Logo, o entendimento dos descritores apresentados a seguir vincula-se diretamente à abstração da análise das variáveis presentes no citado capítulo.**

Tabela VI.1 – Descritor do PVE 1.1 - Custos de aquisição.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5	Bom	Vãos de 15m até 100m com telhamento simples com estrutura em aço
N4		Vãos até 15m com telhamento simples com estrutura em aço
N3		Vãos 15m até 100m telhamento sanduíche com estrutura em aço
N2	Neutro	Vãos até 15m com telhamento simples com estrutura em concreto armado
N1		Vãos de 15m a 36m com telhamento sanduíche e estrutura em concreto protendido

Tabela VI.2 – Descritor do PVE 1.2 - Custos de manutenção à curto prazo - limpeza.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5	Bom	Sistema de cobertura sem esquadrias e com venezianas ou sistema de ventilação Lanternin
N4		Sistema de cobertura com esquadrias, com vidro e sem venezianas com passarelas de manutenção
N3		Sistema de cobertura com esquadrias, com vidro e sistemas em veneziana com passarelas de manutenção
N2	Neutro	Sistema de cobertura com esquadrias, com vidro e sem venezianas, sem passarelas de manutenção
N1		Sistema de cobertura com esquadrias, com vidro e sistemas em veneziana, sem passarelas de manutenção

Tabela VI.3 – Descritor do PVE 1.3 - Custos de manutenção a longo prazo – Pintura da estrutura do telhado.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5	Bom	Elemento estrutural não vazado com seção regular
N4		Elemento estrutural não vazado com seção irregular
N3		Elemento estrutural vazado com seção regular
N2	Neutro	Elemento estrutural vazado com seção irregular
N1		Elemento estrutural treliçado

Tabela VI.4 – Descritor do PVE 2.1.1 – Coeficiente de Luz Diurna; CLD.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5	Bom	CLD = 3,5%
N4		CLD = 3,0%
N3		CLD = 2,5%
N2	Neutro	CLD = 2,0%
N1		CLD = 1,5%

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

Tabela VI.5 – Descritor do PVE 2.1.2 – Controle de Radiação Solar Direta.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5		Zenital orientada p/ S-N com protetor Solar
N4	Bom	Zenital orientada p/ N-S com protetor Solar
N3		Zenital orientada p/ L-O com protetor Solar
N2	Neutro	Zenital orientada p/ N-S sem protetor Solar
N1		Zenital orientada p/ O-L com protetor Solar

Tabela VI.6 – Descritor do PVE 2.1.3 – Relação d/h.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5		d/h = 1,0
N4	Bom	d/h = 1,25
N3		d/h = 1,5
N2	Neutro	d/h = 1,75
N1		d/h = 2,0

Tabela VI.7 – Descritor do PVE 2.1.4 – Fator de calor solar.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5		FCS = 3,5%
N4	Bom	FCS = 4,5%
N3		FCS = 5,5%
N2	Neutro	FCS = 6,5%
N1		FCS = 7,5%

Tabela VI.8 – Descritor do PVE 2.2.1 – Distância entre os elementos verticais.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5		Cobertura plana, $i=4\%$, distância entre saídas = 5m ou arco
N4	Bom	Cobertura plana, $i>4\%$, distância entre saídas ≤ 5 m ou arco
N3	Neutro	Cobertura plana, distância entre saídas > 5 e <15 m ou arco
N2		Cobertura plana, distância entre saídas = >15 e < 20 m ou arco
N1		Cobertura plana, distância entre saídas = > 20 m ou arco

Tabela VI.9 – Descritor do PVE 2.2.2 – Transmitância.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5		$U = 1,0 \text{ Wh/m}^2\text{°C}$
N4	Bom	$U = 1,5 \text{ Wh/m}^2\text{°C}$
N3	Neutro	$U = 2,0 \text{ Wh/m}^2\text{°C}$
N2		$U = 2,5 \text{ Wh/m}^2\text{°C}$
N1		$U = 3,0 \text{ Wh/m}^2\text{°C}$

Tabela VI.10 – Descritor do PVE 2.2.3 – Controle de ventilação.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5		Dispositivos de ventilação na cobertura com controle de ventilação (inverno x verão) com dispositivos nas paredes para entrada de ar
N4	Bom	Dispositivos de ventilação na cobertura com controle de ventilação (inverno x verão) sem dispositivos nas paredes para a entrada de ar
N3		Dispositivos de ventilação na cobertura sem controle de ventilação (inverno x verão) com dispositivos nas paredes com entrada de ar
N2	Neutro	Dispositivos de ventilação na cobertura sem controle de ventilação (inverno x verão) sem dispositivos nas paredes com entrada de ar
N1		Sem dispositivos de controle e ventilação na cobertura

Tabela VI.11 – Descritor do PVE 2.2.4 – Atraso térmico.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5	Bom	Atraso Térmico=2,7h
N4		Atraso Térmico=3,0h
N3	Neutro	Atraso Térmico=3,3h
N2		Atraso Térmico=3,6h
N1		Atraso Térmico=3,9h

Tabela VI.12 – Descritor do PVE 2.2.5 – Renovação do ar interior.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5	Bom	IVN=4,0
N4	Neutro	IVN=3,0
N3		IVN=2,0
N2		IVN=1,0
N1		IVN=0,0

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

Tabela VI.13 – Descritor do PVE 2.3.1 – Índice de proteção sonora.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5	Bom	R>35dB
N4		35dB>=R>30dB
N3		30dB>=R>24dB
N2	Neutro	24dB>=R>20dB
N1		R=20 dB

Tabela VI.14 – Descritor do PVE 3.1 – Proteção contra a chuva.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N3	Bom	Cobertura com dispositivos de controle contra entrada de H ₂ O
N2	Neutro	Cobertura com dispositivos de controle parcial contra entrada de H ₂ O
N1		Cobertura sem dispositivos de controle contra entrada de H ₂ O

Tabela VI.15 – Descritor do PVE 3.2 – Resistência ao fogo.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5	Bom	Resistência ao fogo por 120 minutos
N4	Neutro	Resistência ao fogo por 90 minutos
N3		Resistência ao fogo por 60 minutos
N2		Resistência ao fogo por 30 minutos
N1		Materiais não resistentes ao fogo

Tabela VI.16 – Descritor do PVE 4.1 – Distância entre pilares.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5		Apoio entre pilares com distância de 50m
N4		Apoio entre pilares com distância de 40m
N3	Bom	Apoio entre pilares com distância de 30m
N2	Neutro	Apoio entre pilares com distância de 20m
N1		Apoio entre pilares com distância de 10m

Tabela VI.17 – Descritor do PVE 5.1 – Energia requerida no processo.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5	Bom	Energia embutida no material = 1,4 Mj/Kg
N4		Energia embutida no material = 19,7 Mj/Kg
N3	Neutro	Energia embutida no material = 38,0 Mj/Kg
N2		Energia embutida no material = 56,3 Mj/Kg
N1		Energia embutida no material = 74,4 Mj/Kg

Tabela VI.18 – Descritor do PVE 5.2 – Potencial de reciclabilidade.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N4		Estrutura e telhamento com materiais recicláveis e abundantes na natureza
N3	Bom	Estrutura e telhamento com materiais recicláveis e não abundantes na natureza
N2	Neutro	Estrutura e telhamento com materiais não recicláveis e abundantes na natureza
N1		Estrutura e telhamento com materiais não recicláveis e não abundantes na natureza

Definindo as funções de valor

O próximo passo da construção do modelo é definir as escalas de valor, ou seja, os valores das ações. Para cada nível de impacto, ou ação, existirá um valor, ou função de valor, correspondente à sua avaliação, a ser definido num processo organizado por dois passos: primeiro, a *definição da escala*, que é caracterizada pela atribuição do valor “0” para o nível de impacto N1, ou pior ação possível, e “100” para o N5, a melhor escolha; segundo, *definição da escala de valores*, vinculada a fixação da escala, ou seja, é atribuído o valor “0” para o nível de impacto neutro e “100” para o nível de impacto bom.

A escala de funções de valores é obtida pela construção de uma matriz semântica de julgamentos, que identifica o método do julgamento semântico. São testadas as diferenças de

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

atratividade entre as possíveis ações através de seis níveis distintos, caracterizados por C1, C2, C3, C4, C5 e C6. (Tabela VI.19).

Tabela VI.19 – Graus de intensidade, para a análise da diferença de atratividade entre as possíveis ações, ou sistemas de coberturas disponíveis.

Grau de Intensidade	Diferença de Atratividade
C0	C0 - nenhuma diferença de atratividade (indiferença)
C1	C1 – diferença de atratividade fraca
C2	C2 – diferença de atratividade muito fraca
C3	C3 – diferença de atratividade moderada
C4	C4 – diferença de atratividade forte
C5	C5 - diferença de atratividade muito forte
C6	C6 - diferença de atratividade extrema

As ações são testadas par a par, ou seja, são comparadas através da seguinte pergunta: a diferença de atratividade da ação, por exemplo, N5 sobre a N4, é classificada em qual intensidade? Com o preenchimento dessa matriz é possível conhecer os valores das escalas das funções de valor. Esse processo de determinação das funções de valor através de uma matriz semântica chama-se MACBETH (*Measuring attractiveness by a categorical based evaluation technique*) e foi desenvolvido por Bana e Costa e Vansnick (1995), sendo implementado em software. Segundo Ensslin (2000, p.197), o MACBETH faz uso de um procedimento que consiste em questionar os decisores para que expressem verbalmente a diferença de atratividade entre duas ações potenciais “a” e “b” (com “a” mais atrativa que “b”), escolhendo uma das categorias semânticas apresentadas na Tabela IV.19. Para o descritor custos, são apresentadas a tabela com os descritores e a matriz semântica; para os demais pontos de vistas, a construção das funções de valor está presente no Anexo 01.

Tabela VI.20 – Definição das funções de valor para os descritores do PVE 1.1.

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição	Função de Valor
N5		Vãos de 15m até 100m com telhamento simples com estrutura em aço	100
N4	Bom	Vãos até 15m com telhamento simples com estrutura em aço	67
		Vãos 15m até 100m telhamento sanduíche com estrutura em aço	
		Vãos até 15m com telhamento simples com estrutura em concreto armado	
N3		Vãos de 15m a 36m com telhamento simples e estrutura em concreto protendido	47
		Vãos até 15m com telhamento sanduíche e estrutura em aço	
N2	Neutro	Vãos de 15m a 36m com telhamento sanduíche e estrutura em concreto protendido	27
		Vãos até 15m com telhamento sanduíche e estrutura em concreto armado	
N1		Vãos até 15m com telhamento sanduíche com estrutura em concreto protendido	0

Transformando as escalas

Segundo Ensslin (2000:197) apud Bana e Costa e Vansnick (1997), após estimar as escalas das funções de valor, é necessário fixar o valor da escala referente ao nível neutro em cada descritor, no valor “0”, e a do nível bom, em “100”. Para efetuar essa conversão é utilizada uma transformação linear positiva do tipo $v(.) = \alpha \cdot m(.) + \beta$, onde $m(.)$ é a função de valor (escala de intervalos) original, $v(.)$ é a função transformada e “a” e “b” são duas constantes ($a > 0$). Por meio dessa conversão de escala é possível determinar realmente as

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

funções de valor, ou seja, as coberturas que apresentarem características avaliadas de forma inferior ao considerado mínimo aceitável apresentam valores negativos e, acima do ideal, mais bem valorizadas. Essa conversão de escalas permite uma avaliação mais real dos possíveis sistemas de coberturas industriais no que tange aos aspectos ambientais e tecnológicos.

Matriz de julgamentos. consistente

	N5	N4	N3	N2	N1	
N5	0	3	4	5	6	100,0
N4		0	3	3	4	66,7
N3			0	3	4	46,7
N2				0	3	26,7
N1					0	0,0

	transformed	basic	
100,0	15,00		N5
66,7	10,00		N4
46,7	7,00		N3
26,7	4,00		N2
0,0	0,0		N1

	N5	N4	N3	N2	N1	
N5	0,0	33,3	53,3	73,3	100,0	100,0
N4		0,0	20,0	40,0	66,7	66,7
N3			0,0	20,0	46,7	46,7
N2				0,0	26,7	26,7
N1					0,0	0,0

Figura 6.9 – Matriz de julgamento semântico, critério custos de implantação, utilização do software *Machbeth*.

Após a transformação das escalas, os novos valores dos níveis de impacto dos descritores são apresentados. Mais uma vez, é importante lembrar que os distintos níveis de impacto N1, N2, N3, N4 e N5 são diferentes características que as coberturas industriais podem apresentar, segundo determinada variável de avaliação, e apresentam valores definidos como funções de valor. A Tabela VI.21 apresenta os novos valores dos diferentes níveis de impacto, do ponto de vista 1.1, após a conversão da escala, fazendo, logicamente, uso da equação citada anteriormente. As tabelas referentes a outras variáveis são apresentadas no Anexo 01 deste trabalho.

Tabela VI.21 – Conversão de escalas – PVE 1.1.

PVE 1.1	Valor Nn	V(Nn) PVE n	Valor α	Valor de β
	100	183	2,5	-67,5
	67	100	2,5	-67,5
	47	50	2,5	-67,5
	27	0	2,5	-67,5
	0	-68	2,5	-67,5

Definindo as taxas de substituição (pesos)

Segundo Ensslin (2001, p.217), os critérios de mensuração permitem avaliar a performance local das ações. Para que se possa determinar a performance global de uma ação, segundo o modelo de avaliação, é necessário determinar as taxas de substituição (Pesos) dos critérios.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

As taxas de substituição de um modelo multicritério de avaliação expressam, segundo o julgamento dos decisores, a perda de performance que uma ação potencial deve sofrer em um critério para compensar o ganho de desempenho em outro (BOUYSSOU, 1986; KEENEY, 1992; KENNEY e RAIFFA, 1993; ROY, 1996).

Na literatura, taxas de substituição são também chamadas de *trade-offs* e constantes de escala; popularmente, na literatura inglesa, são também conhecidas como “pesos” (*weights*). É importante reforçar que a metodologia é estruturada por um especialista na ferramenta, o qual, com base numa série de entrevistas com os decisores, ou profissionais que vão usufruir do modelo desenvolve os passos apresentados até aqui. No caso desse modelo, o arquiteto, especialista, é o decisor; assim, sempre que ocorrerem citações de autores que tratam do tema MCDA, é importante vincular a terminologia ao autor desta tese. Ensslin (2001, p.219) afirma que, as taxas de substituição são parâmetros que os decisores julgam adequados para agregar, de forma compensatória, desempenhos locais (nas variáveis) numa performance global.

Existem várias metodologias para a determinação dos pesos das variáveis analisadas. Nesse modelo, é utilizado o método recomendado por Ensslin (2001, p.297), caracterizado como “comparação par a par”, que consiste em comparar par-a-par ações fictícias (possibilidades de soluções dos telhados em diferentes variáveis) com performances distintas em apenas dois critérios e com desempenho idêntico nos demais. Nesses dois critérios, uma ação possui o nível de impacto *bom* no primeiro e *neutro* no segundo, ao passo que uma segunda ação possuiria o nível *neutro* no primeiro critério e *bom* no segundo. Tal procedimento é feito com todos os pares de variáveis do modelo. Numa primeira etapa, essa comparação visa à ordenação preferencial dos critérios, tarefa que pode ser auxiliada por uma matriz de ordenação. Numa segunda etapa, os decisores definem qualitativamente (através de categorias semânticas) a intensidade de preferência entre os pares de ações fictícias

É apresentada a seguir, detalhadamente, a definição do peso da variável custos; posteriormente, são caracterizadas apenas as matrizes de ordenação e de julgamentos semânticos de todas variáveis restantes. A matriz de ordenação, caracterizada pela Tabela VI.22, objetiva a confecção da posterior matriz de julgamentos semânticos, através da qual, com a utilização do software *MACHBETH*, é possível determinar os pesos das variáveis. A matriz de ordenação, conforme já especificado, visa definir uma ordem de preferências dos critérios; para isso, são comparadas as possíveis soluções de cobertura par a par, solução 1 *versus* solução 02. Qual das duas soluções é mais interessante para a escolha de uma cobertura? No presente trabalho, optou-se pela situação 01, porque é mais importante uma cobertura com menor custo de implantação do que com menor custo de limpeza, conforme Tabela VI.22. Já, na matriz de julgamento semântico, as diferentes possibilidades são comparadas e quantificadas. Por exemplo: uma cobertura com características ideais (nível bom) com relação aos custos e neutra com relação à limpeza é mais atrativa do que uma com os custos de

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

aquisição no estado neutro e de limpeza no nível bom. Na presente tese a primeira análise da diferença de atratividade entre as “duas possíveis ações” é C3, ou seja, moderada, conforme a Tabela VI.19.

Tabela VI.22 - Matriz de ordenação – subcritérios do critério custos.

SITUAÇÃO 01 - Custos de Aquisição X Custos de manutenção e limpeza	SITUAÇÃO 02 - Custos de Aquisição X Custos de manutenção e limpeza
Custos de Aquisição Bom – Possível Cobertura Custos de limpeza neutro (mínimo aceitável) Custos de pintura neutro (mínimo aceitável)	Custos de Aquisição neutro (mínimo aceitável) Custos de limpeza Bom – Possível Cobertura Custos de pintura neutro (mínimo aceitável)
Bom – Custos de aquisição Vãos de 15m até 100m, telhamento sanduíche com estrutura em aço Vãos até 15m – telhamento simples com estrutura em concreto armado	Neutro – Custos de aquisição Vãos de 15m a 36m com telhamento sanduíche e estrutura em concreto protendido; Vãos até 15m com telhamento sanduíche e estrutura em concreto armado
Neutro – Custos de Limpeza Sistema de cobertura com esquadrias com vidro, sem venezianas, sem passarelas de manutenção	Bom – Custos de limpeza Sistema de cobertura com esquadrias, com vidro e sem venezianas, com passarelas de manutenção
Neutro – Custos de pintura Elemento estrutural vazado com seção irregular	Neutro – Custos de pintura Elemento estrutural vazado com seção irregular

Tabela VI.23 - Matriz de ordenação – subcritérios do critério custos.

	Custos de Aquisição	Custos de manutenção Limpeza	Custos de manutenção Pintura	SOMA	ORDEM
Custos de Aquisição		1	1	2	1º
Custos de manutenção Limpeza	0		1	1	2º
Custos de manutenção Pintura	0	0		0	3º

Tabela VI.24 - Matriz de julgamentos semânticos dos subcritérios do critério custos.

	Custos de Aquisição	Custos de manutenção Limpeza	Custos de manutenção Pintura	A0
Custos de Aquisição		C3	C5	C6
Custos de manutenção Limpeza			C5	C6
Custos de manutenção Pintura				C3

De posse da matriz de julgamentos semânticos, quando o número de variáveis a serem analisadas não for superior a cinco, com o auxílio do software é possível determinar os pesos das variáveis (Tabela VI.25).

Os mesmos passos foram realizados para todas as variáveis presentes como critérios de análise das coberturas industriais. Nesse sentido, são apresentados no Anexo 01 as matrizes de ordenação, de julgamento semântico, os gráficos do software MACHBETH com as determinações dos pesos e as tabelas com as definições percentuais.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

Matriz de julgamentos consistente

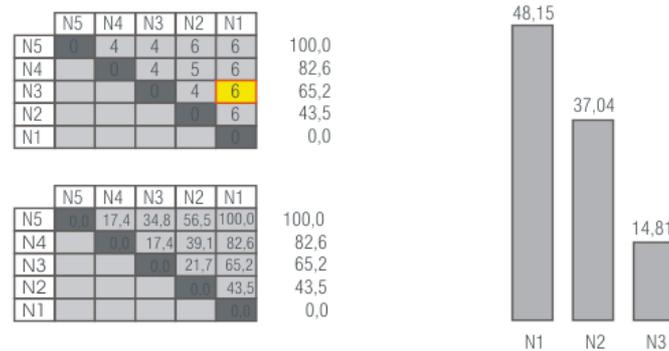


Figura 6.10– Software MACHBETH, determinação dos pesos da variável custos a partir da matriz de julgamentos semânticos

Tabela VI.25 - Taxas de Substituição dos subcritérios da variável custos.

Subcritérios	Taxas
Custos de Aquisição	48%
Custos de manutenção Limpeza	37%
Custos de manutenção Pintura	15%

É importante salientar que, nos casos em que foi necessário avaliar mais de quatro variáveis, foi utilizada uma segunda metodologia para a determinação dos pesos, caracterizada como *Swing Weights*. Segundo Ensslin (2001, p.279), o processo inicia-se a partir de uma ação fictícia com a performance no nível de impacto *neutro* em todos os critérios do modelo. Oferece-se, então, aos decisores (autor da tese) a oportunidade de escolher um critério no qual a performance da ação fictícia melhora para o nível de impacto *bom*. A esse “salto” (*swing*) atribuem-se 100 pontos. Nos remanescentes é feito o mesmo questionamento, obtendo-se o critério onde os decisores desejam que se realize o segundo salto. O mesmo procedimento é feito até que eles definam a ordem de todas as passagens do nível *neutro* para o nível *bom* (Figura 6.11).

Após a determinação das taxas de substituição, ou pesos dos critérios, o próximo passo é testar a viabilidade de utilização do modelo num estudo de caso, desenvolvido com uma empresa localizada na cidade de Passo Fundo, RS. Num primeiro momento, apresenta-se o edifício industrial, dando ênfase ao sistema de cobertura; posteriormente, testam-se cinco diferentes sistemas de fechamento horizontal para o pavilhão industrial, com uma posterior análise dos resultados. Também se realizam as primeiras verificações sobre a viabilidade ou não da utilização de modelos de apoio à decisão na projetualidade de coberturas industriais.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

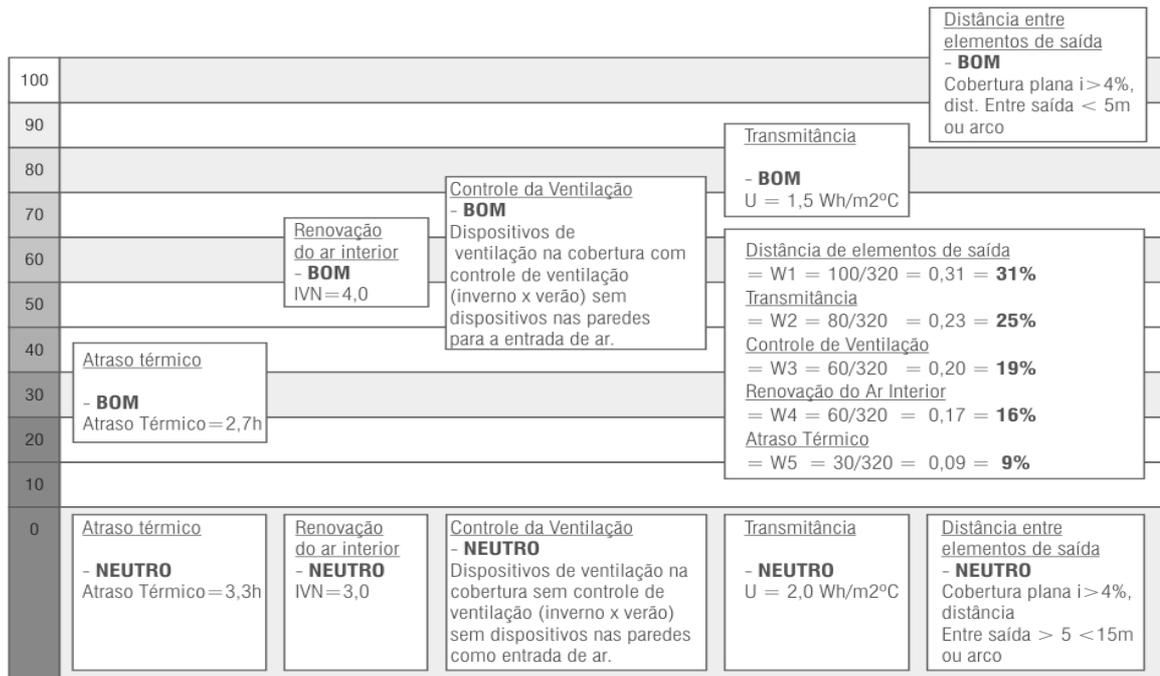


Figura 6.11 – Determinação dos pesos das variáveis, método *Swing Weights*.

Tabela VI.26 - Taxas de substituição critérios e subcritérios do modelo.

Critérios e Subcritérios	Taxas
PVF 1 – Custos	25%
PVE 1.1 – Implantação	48%
PVE 1.2 – Pintura	15%
PVE 1.3 – Limpeza	37%
PVF 2 – Ambiente	31%
PVE 2.1 – Conforto Visual	48%
PVE 2.1.1 – Luz Difusa	36%
PVE 2.1.2 – Controle de Radiação Solar	16%
PVE 2.1.3 – Relação d/h	17%
PVE 2.1.4 – Fator Solar	47%
PVE 2.2 – Conforto Térmico	28%
PVE 2.2.1 – Distância entre elementos verticais	31%
PVE 2.2.2 – Transmitância	25%
PVE 2.2.3 - Controle de Ventilação	19%
PVE 2.2.4 –Atraso Térmico	9%
PVE 2.2.5 – Renovação do Ar Interior	16%
PVE 2.3 – Proteção contra ruídos	16%
PVE 2.3.1 – Índice de Redução Sonora	-
PVF 3 – Propriedades	16%
PVE 3.1 – Proteção Contra a Chuva	64%
PVE 3.2 – Resistência ao Fogo	36%
PVF 4 – Racionalidade	16%
PVF 4.1 – Distância entre Pilares	-
PVF 5 – Sustentabilidade	12%
PVF 5.1 – Energia Requerida no Processo	64%
PVF 5.2 – Potencial de Reciclabilidade	36%

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

6.4. Testes e verificações

A sede da GZT é composta por dois blocos justapostos, caracterizando um partido decomposto organizado por adição. No primeiro, estão localizadas as áreas administrativas e *show room* e, no superior estão o depósito, as áreas de recepção e expedição de mercadorias, assim como sanitários e vestiários para funcionários. A necessidade de execução imediata do espaço de armazenagem com grandes vãos e com pé-direito alto, de forma a permitir a operação mecanizada com carregadeiras e *palets*, determinou a especificação de estrutura metálica para a sede administrativa e depósito da GZT. A fachada principal, com orientação oeste, é protegida por máscara em vidro reflexivo, que forma um sistema de proteção em toda a área da administração e vendas. A cobertura e as vedações verticais foram executadas em chapas metálicas trapezoidais pré-pintadas, isoladas internamente com mantas de lã de vidro. As Figuras 6.12, 6.13 e 6.14 ilustram o edifício.



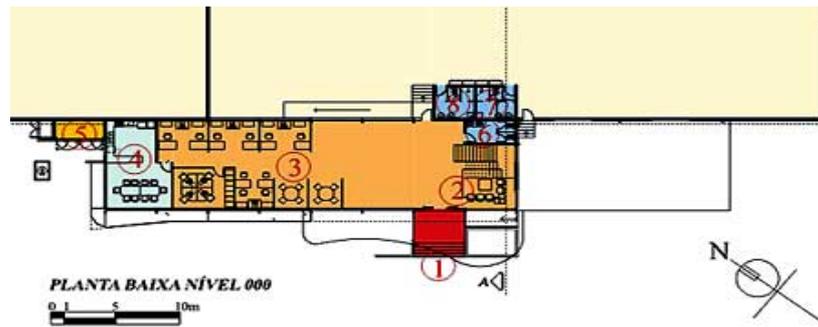
Fonte: Machado (2000).

Figuras 6.12, 6.13 e 6.14– Fotografias da empresa GZT, projeto do arquiteto Nino Machado, Passo Fundo, 2000.

A Figura 6.15 apresenta, esquematicamente, a organização em planta da administração e parte da área de depósito de mercadorias.

A cobertura, foco de análise do edifício, possui, conforme já especificado na apresentação inicial, uma manta de lã de vidro na face interior com o objetivo de aumentar o isolamento térmico, minimizando os problemas com ganhos excessivos no verão. A estrutura da cobertura é formada por pilares e vigas “I”, colocados em malhas reticulares. A modulação utilizada foi de 8,0 x 25,0 m para os depósitos e de 4,0 x 8,0 m para administração e área de vendas. Na cobertura há um sistema de ventilação em lanternin, que pode ser visualizado na fachada sudoeste (Figura 6.16).

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

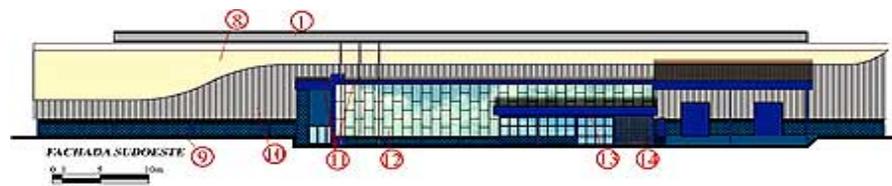


Fonte: Machado (2000).

Figura 6.15– Planta baixa da administração, GZT, projeto do arquiteto Nino Machado, Passo Fundo, 2000.

Não são encontrados dispositivos de iluminação natural no plano horizontal.

Foram testadas, juntamente com a cobertura existente, quatro diferentes propostas de fechamentos horizontais. Nessas cinco diferentes soluções foram variados desde o tipo de estrutura, tipos de telhas como também dispositivos de ventilação e iluminação. Na Tabela VI.27 são apresentadas as configurações dos cinco diferentes sistemas de coberturas testados para a empresa GZT.



Fonte: Machado (2000).

Figura 6.16– Fachada principal da empresa GZT, Passo Fundo, 2000.

Tabela V.27 – Configurações dos diferentes sistemas de coberturas analisados para a empresa GZT.

Situação	Características da estrutura, telhamento, sistema de ventilação e iluminação.
Situação 01 ATUAL	Iluminação/Ventilação: Sem iluminação zenital, presença de lanternim
	Telhamento: telha simples com isolamento na face inferior
	Estrutura: metálica em perfil “I”
Situação 02	Iluminação/Ventilação: *Sistema Shed proporcionando iluminação natural e ventilação, presenças de dispositivos de controle de radiação solar
	Telhamento: telha simples com isolamento na face inferior
	Estrutura: *metálica em perfil “I”, com a presença de plataforma de acesso ao sistema Shed
Situação 03	Iluminação/Ventilação: *Sistema Shed a cada 10 metros, proporcionando iluminação natural e ventilação, presenças de dispositivos de controle de radiação solar
	Telhamento: telha simples com isolamento na face inferior
	Estrutura: *metálica em perfil “I”, com a presença de plataforma de acesso ao sistema Shed
Situação 04	Iluminação/Ventilação: *Sem sistema de iluminação e ventilação natural
	Telhamento: telhas simples sem isolamento
	Estrutura: metálica em perfil “I”
Situação 05	Iluminação/Ventilação: * Ausência de sistemas de ventilação e iluminação
	Telhamento: * Telhas simples sem isolamento
	Estrutura: * Estrutura em concreto armado

* - modificação da situação inicial;

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

De posse das informações referentes às coberturas, é possível classificar as ações existentes, ou seja, as partes que compõem os sistemas dos fechamentos horizontais dentro de cada nível de impacto previsto. Com isso, é possível definir o valor de cada cobertura para cada variável, para que, posteriormente, possam ser multiplicados os valores das ações pelos diferentes pesos. A tabela VI.28 apresenta a análise das variáveis da cobertura existente no pavilhão da empresa GZT. As tabelas das coberturas 02, 03, 04 e 05 fazem parte do Anexo 2 deste trabalho.

Tabela VI.28 – Análise da cobertura existente na empresa GZT.

SITUAÇÃO 1 – Situação Atual				
Características do Espaço Interno:				
Espaço utilizado para armazenamento com necessidades de elevado pé-direito para possibilitar operação mecanizada com carregadeiras e <i>pallets</i> . Possibilidade de ventilação com necessidade de controle de radiação solar direta;				
Critério	Característica da Indústria analisada- Descritor:	Valor da Ação		Observação
PVE 1.1	Pilares e vigas em aço; Modulação de 8,00 x 25,00, Telhas sanduíche em aço com 20 mm;	N4	100	
PVE 1.2	Cobertura sem sistema de ventilação	N5	170	
PVE 1.3	Elemento estrutural treliçado	N1	-62	-
PVE 2.1.1	CLD \approx 5%; Não há aproveitamento da radiação solar através da cobertura, visto que não há dispositivos de iluminação;	N5	150	-
PVE 2.1.2	Cobertura dupla-inclinação com telhas translúcidas (controle de radiação solar)	N2	0	
PVE 2.1.3	Relação d/h = 5,00/7,5 = 0,67	N5	150	
PVE 2.1.4	Fator de Calor Solar FS = 4.U _a .a = 4 . 1,19 .0,25= 1,9%	N5	141	
PVE 2.2.1	Cobertura com inclinação de 4% com lanternin em toda a cumeeira; Distância entre a cumeeira (saída de ar) e limites laterais (\approx 20 m)	N1	-68	
PVE 2.2.2	U = 1,19 W/m.h.°K Chapas em aço com seção trapezoidal com isolamento interior Necessidade de interpolação	N4/N5	122,7	
PVE 2.2.3	Dispositivos de ventilação na cobertura (lanternin) sem controle de ventilação (inverno/verão) com dispositivos nas paredes como entrada de ar	N3	57	
PVE 2.2.4	Atraso Térmico = 3,02 h Chapas trapezoidais metálicas pré-pintadas com manta interna	N4	100	
PVE 2.2.5	Aerador de cobertura tipo Rodrek Rmd = 1,0; Rda = 0,67; Raa = 0,875 IVN= $\frac{Aa}{Ap} \times Raa \times Rda \times Rmd \times 100$ (Fórmula 03) IVN = 50/2000*0,875*0,67*1,0*100 = 1,46 Ap = 50 m x 40 m = 2000 m ² Aa = 40 * 1,25 = 50 N2(0)1-N3(69)2 =	N2/N3	32	
PVE 2.3.1	Chapas em aço com seção trapezoidal com isolamento interior com 20 mm de espessura R512 Hz = 38,7 dB	N5	135	
PVE 3.1	Sistema Lanternin com dispositivos de controle de entrada de água da chuva	N3	100	
PVE 3.2	Estrutura sem proteção, resistência ao fogo até 30 minutos	N2	0	
PVE 4.1	Apoio entre pilares = 25 m Necessidade de interpolação	N2/N3	25	
PVE 5.1	Estrutura em Aço com telhas metálicas em aço	N3	17	
PVE 5.2	Estrutura em Aço com telhas metálicas em aço	N3	192	-

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

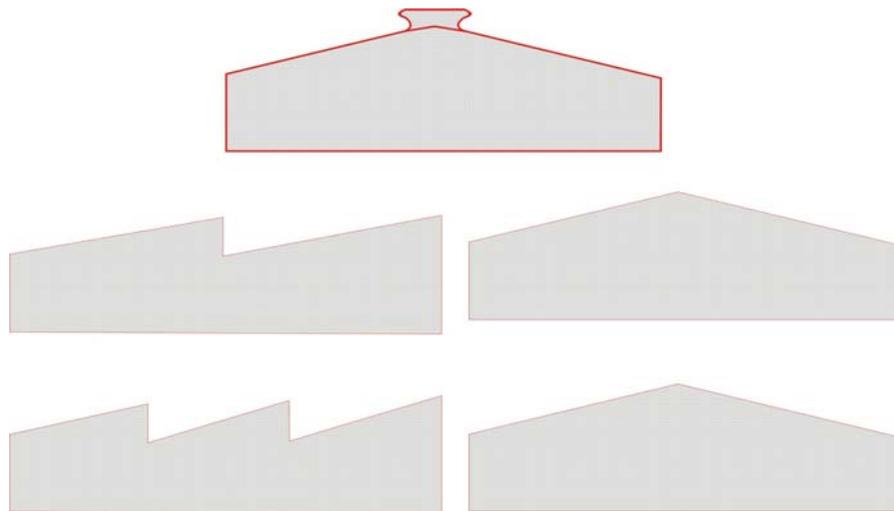


Figura 6.17 a 6.21– Quatro novas propostas de coberturas analisadas.

Antes de realizar as análises, são apresentados os cinco sistemas de coberturas estudados através das figuras 6.17 a 6.21. Ensslin (2001, p.1997) afirma que, tendo sido estruturado o problema e determinado o conjunto de ações potenciais a serem analisadas, deve-se proceder à avaliação das ações potenciais segundo o modelo construído. Para realizar essa tarefa, é preciso identificar o desempenho da ação potencial em cada um dos critérios e subcritérios do modelo.

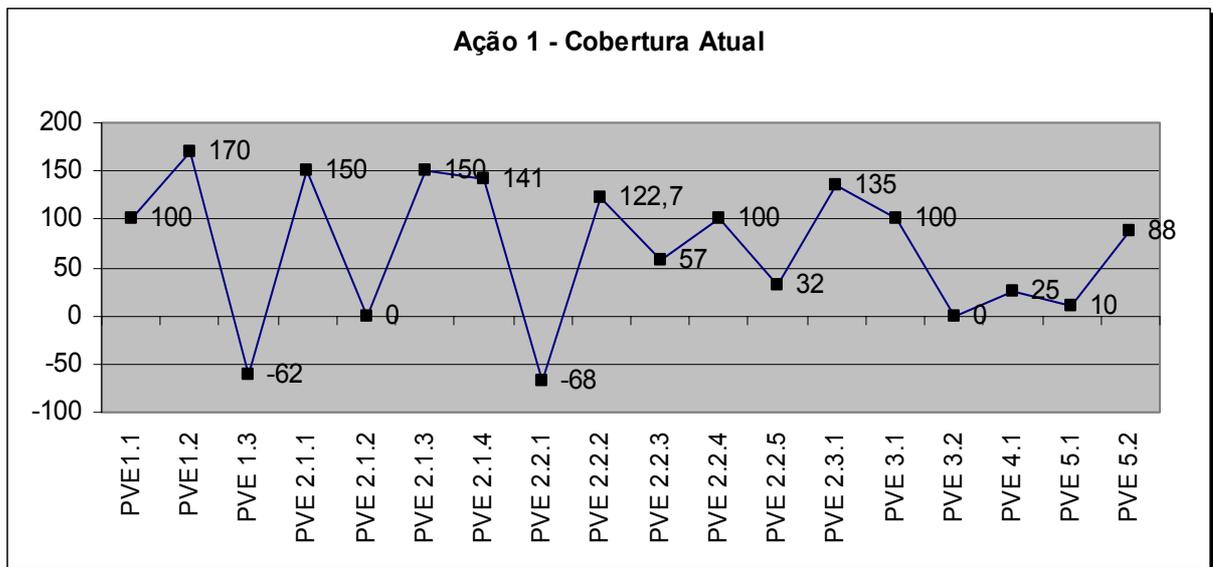


Figura 6.22– Análise global dos cinco diferentes sistemas de coberturas para a empresa GZT, proposta 1.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

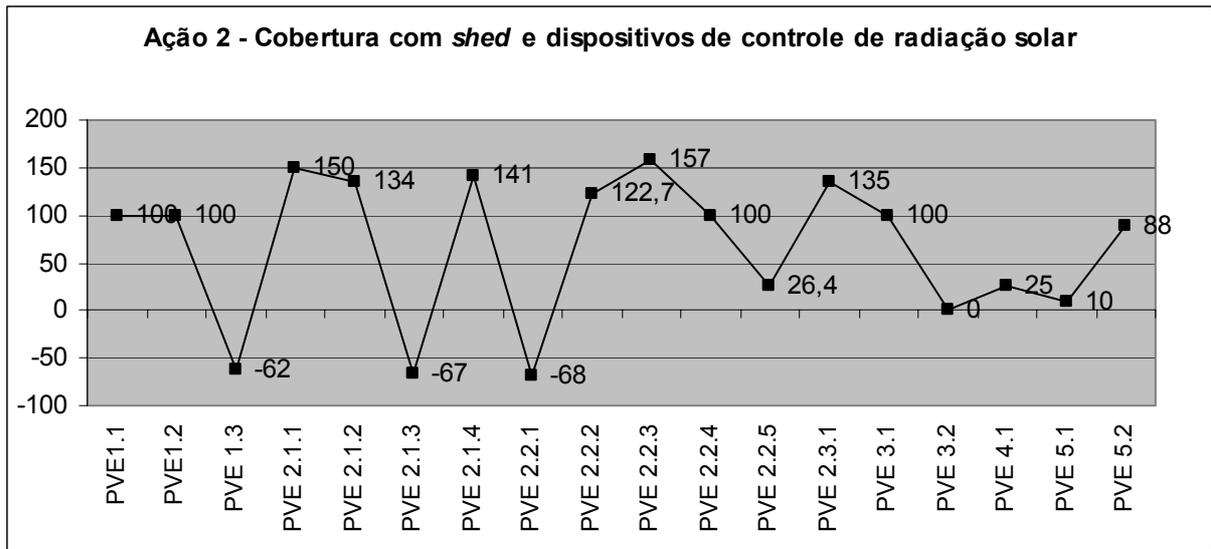


Figura 6.23– Análise global dos cinco diferentes sistemas de coberturas para a indústria GZT, proposta 2.

Com base na análise das ações ou dos diferentes sistemas de coberturas, é possível comparar as diferentes configurações do plano horizontal de duas maneiras: a primeira forma consiste na observação e análise dos perfis de desempenho de cada proposta, observando aspectos positivos, negativos e comparações entre os diferentes sistemas, conforme as Figuras 6.22 a 6.26; a segunda forma é verificar o resultado global, ou seja, comparar os desempenhos dos diferentes sistemas a partir de um valor global final, conforme a Figura 6.27 e a Tabela VI.29.

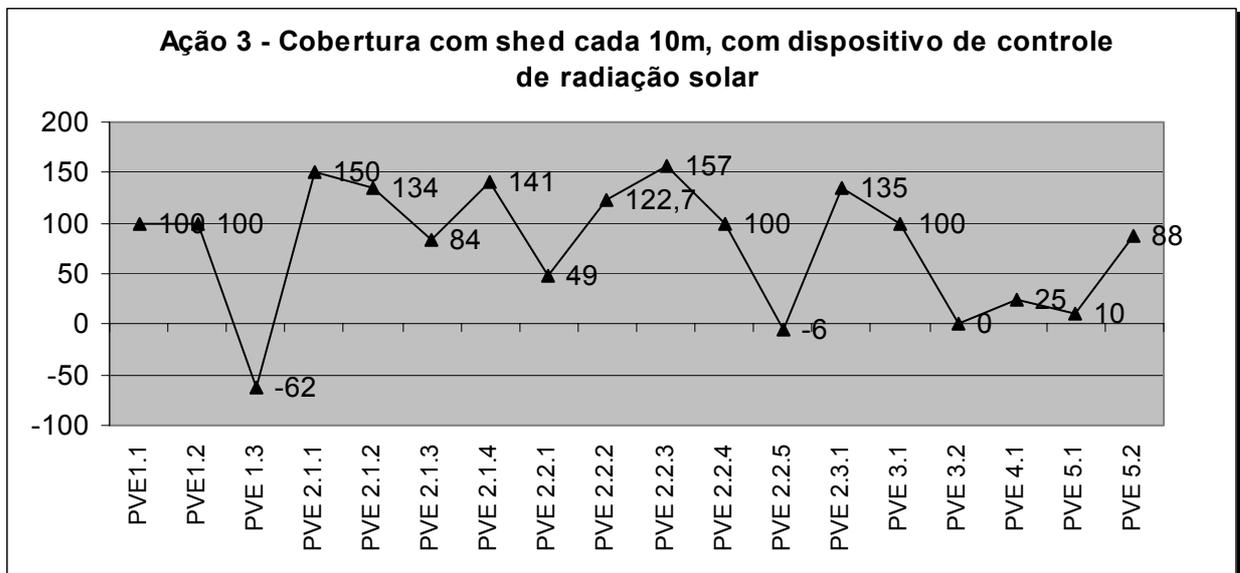


Figura 6.24– Análise do perfil dos diferentes sistemas de coberturas para a empresa GZT, proposta 3.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

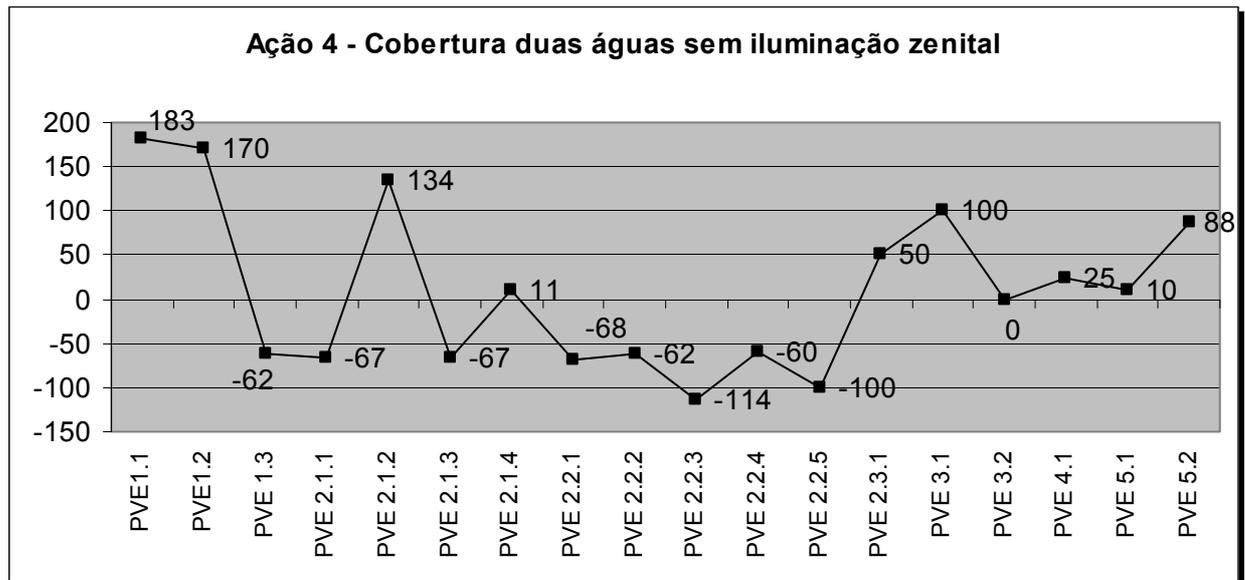


Figura 6.25– Análise do perfil do quinto sistema de cobertura para a empresa GZT, proposta 4.

Com a análise dos perfis de desempenho dos sistemas de coberturas industriais é possível identificar características de cada sistema. As maiores diferenças entre os sistemas analisados estão nos aspectos ambientais.

As coberturas números “4” e “5”, caracterizadas pela ausência de sistema de ventilação e iluminação, como também pelo telhamento simples e sanduíche, apresentam visíveis problemas quanto aos aspectos ambientais, conforme visualização dos PVFs 2.1, 2.2 e 2.3. Observou-se que a cobertura número “3”, caracterizada pela presença de um sistema *shed* com proteção solar, apresenta o melhor desempenho quanto aos aspectos ambientais, tecnológicos e referentes a custos.

As diferenças entre os aspectos ambientais vinculam-se, sobretudo, à possibilidade da ventilação natural, presente nas soluções “1”, “2” e “3”, e à possibilidade da iluminação zenital, presente nas soluções “2” e “3”. Na Figura 6.27 é possível observar a avaliação global dos sistemas analisados.

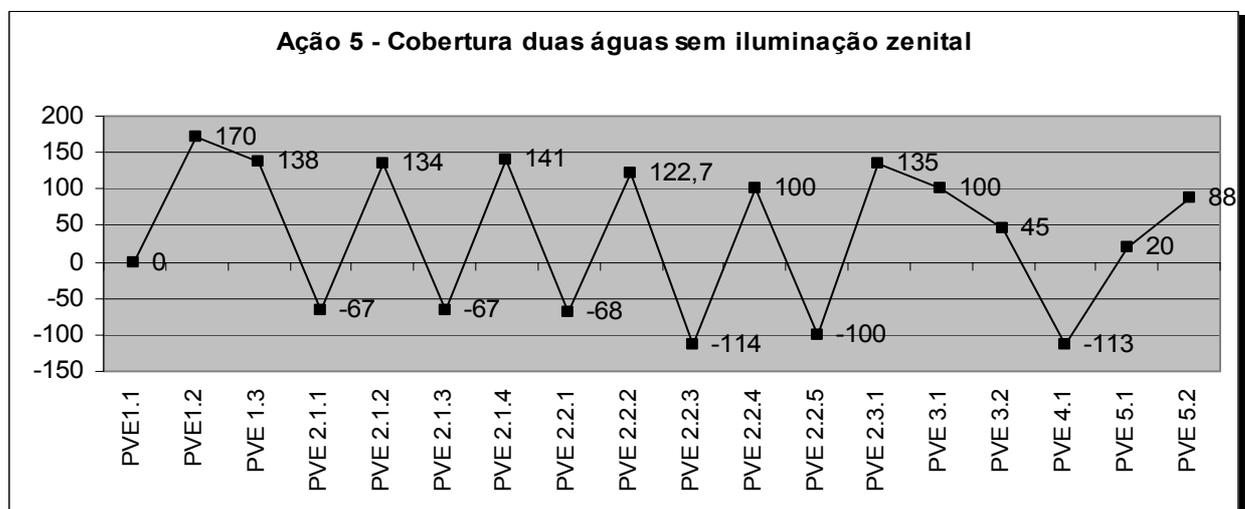


Figura 6.26– Análise do perfil do quinto sistema de cobertura para a empresa GZT.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

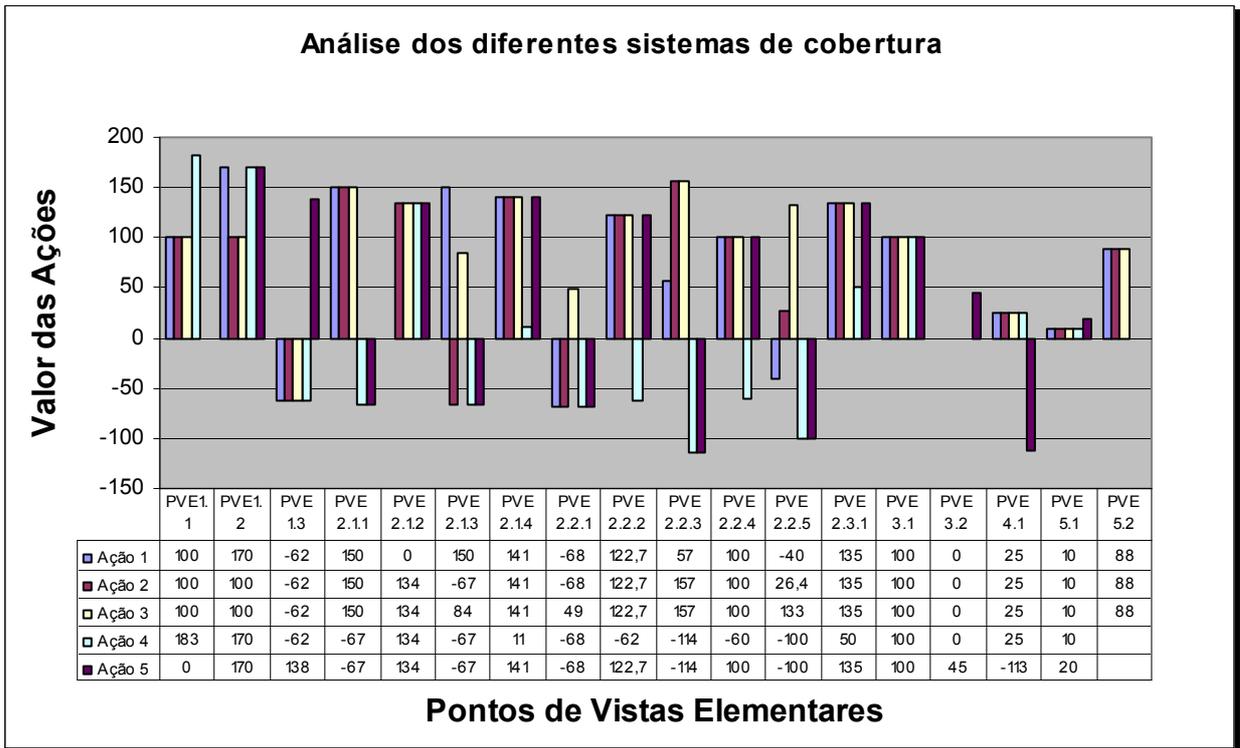


Figura 6.27– Análise do perfil do quinto sistema de cobertura para a empresa GZT.

Tabela VI.29– Avaliação global dos cinco sistemas de coberturas para a empresa GZT.

	PVF 01	PVF 02	PVF 03	PVF 04	PVF 05	Aval.Global	
Ação 01	16	22	10	4	5	57	2º
Ação 02	13	24	10	4	5	56	3º
Ação 03	13	34	10	4	5	67	1º
Ação 04	26	-1	10	4	5	43	4º
Ação 05	12	11	13	-18	5	23	5º

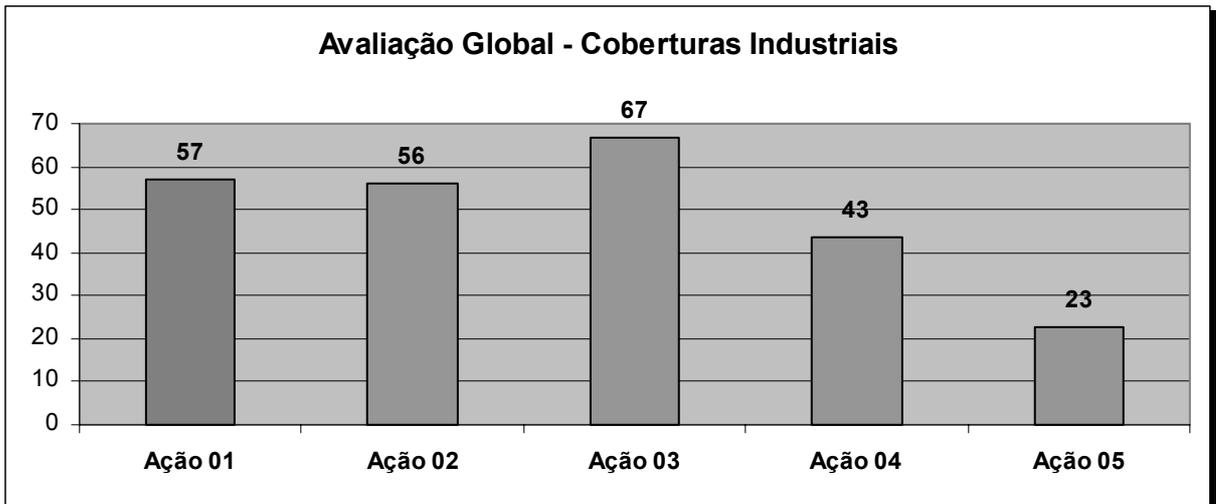
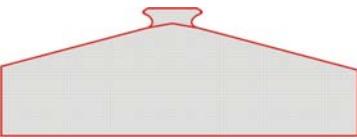


Figura 6.28– Avaliação global de cinco diferentes sistemas de coberturas para a empresa GZT.

1. Tecnologia na projetividade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

A solução número “3” apresentou na análise global o melhor resultado (Figura 6.28, Tabela VI.29). Comparando a diferença entre os sistemas de cobertura número “3” e “5”(o pior desempenho), observa-se que as soluções “1” e “2” apresentaram um resultado também satisfatório. Desse modo, pode-se afirmar que as soluções “1”, “2” e “3” apresentam resultados equilibrados quanto aos aspectos tecnológicos, ambientais e referentes a custos. Foi apresentada a possibilidade da utilização do modelo como elemento de geração de repertório, considerando as dimensões tecnológica, ambiental e referente a custos. O repertório gerado pode ser melhor entendido a partir da leitura da tabela VI.30, na qual o resultado da análise de algumas variáveis como por exemplo: a iluminação natural, ventilação, isolamento acústico e sustentabilidade são apresentadas de forma sucinta. **A observação dessas variáveis simultaneamente proporciona um maior domínio da relação do elemento de arquitetura do plano horizontal com as características tecnológicas-ambientais.**

Tabela VI.30 – Análise do repertório gerado (algumas variáveis) com base na utilização do modelo

Sistema de cobertura	Iluminação	Ventilação	Isolamento Acústico	Sustentabil.
	PVE 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4	PVE 2.2.3, 2.2.5	PVE 2.3.1	PVF 5.1, 5.2
 <p>Situação Atual - cobertura 2 águas (iluminação Zenital e Lanternim)</p>	441	89	135	98
	RAZOÁVEL (1 variável abaixo nível neutro)	MUITO BOM	MUITO BOM	MUITO BOM
 <p>Situação 2- cobertura Shed (iluminação zenital e ventilação)</p>	358	183,4	135	98
	RAZOÁVEL (1 variável abaixo nível neutro)	MUITO BOM	MUITO BOM	MUITO BOM
 <p>Situação 3- cobertura Shed a cada 10 metros (iluminação zenital e ventilação)</p>	569	151	135	98
	MUITO BOM	MUITO BOM (1 variável abaixo nível neutro)	MUITO BOM	MUITO BOM
 <p>Situação 4- cobertura 2 águas (sem iluminação Zenital e ventilação)</p>	11	-214	50	98
	RUIM (2 variáveis abaixo nível neutro)	RUIM (2 variáveis abaixo nível neutro)	MUITO BOM	MUITO BOM
 <p>Situação 5- cobertura 2 águas (sem iluminação Zenital e ventilação)</p>	141	-214	135	108
	RUIM (2 variáveis abaixo nível neutro)	RUIM (2 variáveis abaixo nível neutro)	MUITO BOM	MUITO BOM

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

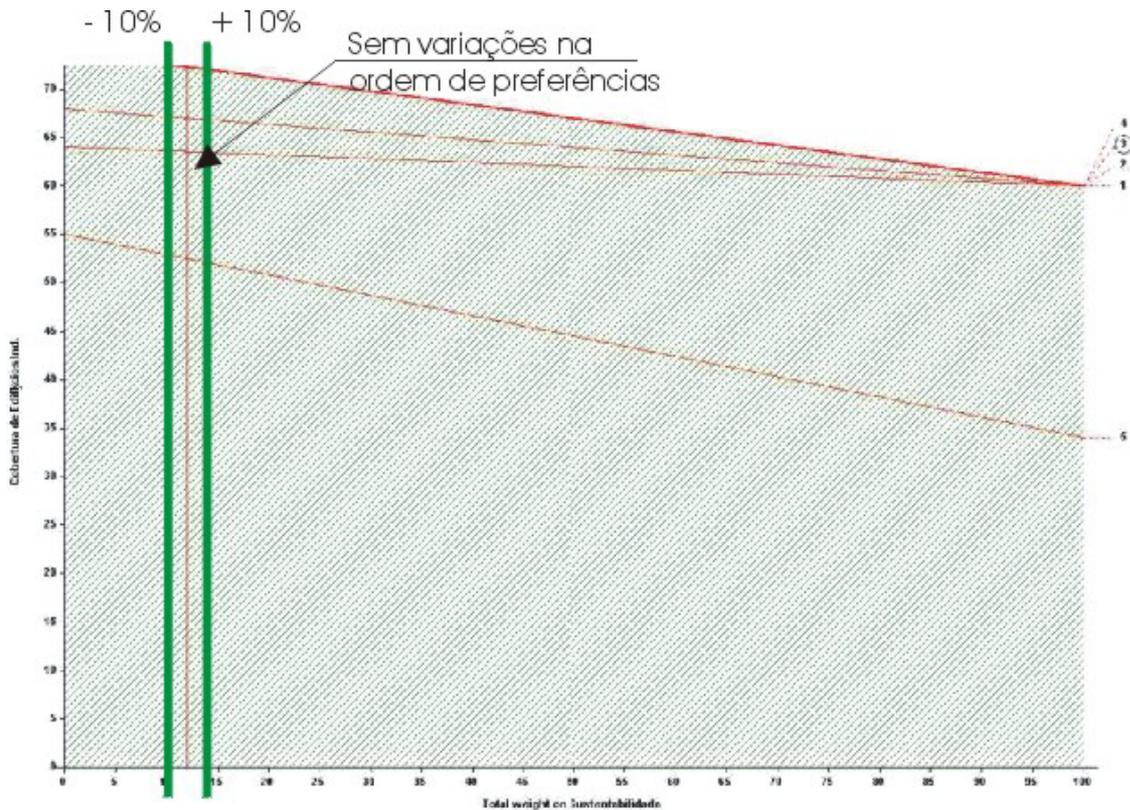
A escolha das variáveis a serem analisadas em tabelas conclusivas é livre. Na tabela VI.30 por exemplo, foram trabalhadas apenas os aspectos iluminação natural, ventilação, isolamento acústico e sustentabilidade. Observando-se a análise qualitativa verifica-se uma semelhança no que diz respeito ao desempenho das soluções 1, 2 e 3. Já a análise numérica caracteriza, igualmente aos resultados dos gráficos 6.22 a 6.28, um predomínio da solução 3. Caso o arquiteto tenha dificuldade em trabalhar com os resultados caracterizados nas figuras 6.22 a 6.28, é possível o desenvolvimento da análise com base na observação das variáveis separadamente, conforme tabela VI.30.

Em todos os sistemas analisados, observa-se a presença da dimensão tecnológica funcional discreta, na qual a tecnologia está presente com o objetivo de proporcionar o “funcionamento” dos elementos de arquitetura. Observa-se nessa afirmação mais um argumento que reforça a impossibilidade da avaliação quantitativa da dimensão formal.

Uma comparação sucinta da forma da cobertura original, por exemplo, com a solução número “3”, na qual se observa a presença do sistema *shed* no plano horizontal, possibilita a verificação do reforço do *caráter programático* na proposta “3”, caracterizada pela presença do elemento de arquitetura no plano horizontal, contrário à proposta original, na qual o lanternin não é um elemento marcante no plano horizontal. As propostas com *shed* alteram a relação da cobertura com o todo compositivo em decorrência das influências do elemento de arquitetura responsável pela iluminação zenital; através, também, do *caráter associativo* identificado pela sua presença no contorno espacial do edifício e pela nova dinâmica proporcionada ao plano horizontal. Essas características formais incorporadas ao pavilhão industrial proporcionam um maior peso do plano horizontal no todo compositivo, não tão forte como a cobertura de Norman Foster no projeto da Renault, por exemplo, porém nem tão omissa na composição como um telhado plano.

Observados os resultados apresentados pelo modelo através de gráficos e tabelas, é necessário, ainda, realizar uma análise de sensibilidade, que é vinculada à necessidade de verificação da robustez do modelo criado, ou seja, se os pesos atribuídos aos critérios estão coerentes. Ensslin (2001, p.297) apud Dias et al. (1997) afirma que essa é uma fase importante na aplicação de qualquer modelo, contribuindo para superar a falta de precisão na determinação dos valores dos parâmetros, para gerar conhecimento sobre o problema e, finalmente, para aumentar a confiança nos resultados obtidos. Essa análise de robustez, desenvolvida a partir da alteração do peso dos critérios em 10% e posterior verificação da modificação dos resultados, foi realizada por meio do modo gráfico e do numérico.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações



Fonte: Modificado do software Hiewview (1998).

Figura 6.29– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério sustentabilidade.

A Figura 6.29 apresenta um exemplo da realização da análise pelo método gráfico, e as tabelas VI.31 e VI.32, pelo numérico. A análise completa está presente no Anexo 3, em decorrência da necessidade da racionalização da apresentação. Com base na observação da Figura 6.29, verifica-se que a alteração em 10% nos pesos do critério sustentabilidade não gerou a mudança da ordem de avaliação dos diferentes sistemas de coberturas, caracterizando, portanto, a robustez do modelo. A análise gráfica foi possível através da utilização do software Hiewview.

Os resultados apresentados pelo modelo de análise dos aspectos tecnológicos e ambientais para o apoio à escolha de coberturas industriais definem a possibilidade da visualização da interação de todas as variáveis simultaneamente, mostrando-se um efetivo instrumento de apoio na projetualidade dos elementos de arquitetura. A análise dos resultados, do ponto de vista dos aspectos ambientais, construtivos e referentes a custos, foi simplificada em decorrência da necessidade da racionalização da apresentação do trabalho, como também pelos objetivos da tese, nos quais se vislumbra a necessidade da avaliação do uso de modelos. Nesse sentido, do ponto de vista do entendimento dos aspectos vinculados às dimensões analisadas, a utilização da ferramenta desenvolvida caracteriza-se como uma eficiente forma de desenvolvimento de repertório na projetualidade de coberturas de edifícios industriais.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

Tabelas VI.31 e VI.32 – Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério sustentabilidade.

Pesos Originais		
PVF 1	Custos	0,25
PVF 2	Ambiência	0,31
PVF 3	Propriedades	0,16
PVF 4	Racionalidade	0,16
PVF 5	Sustentabilidade	0,12
		1,000
Pesos modific. - Variação Sustentabil.+10%		
PVF 1	Custos	0,247
PVF 2	Ambiência	0,306
PVF 3	Propriedades	0,158
PVF 4	Racionalidade	0,158
PVF 5	Sustentabilidade	0,132
		1,000
Pesos modific. - Variação Sustentabil.-10%		
PVF 1	Custos	0,2538
PVF 2	Ambiência	0,3147
PVF 3	Propriedades	0,1624
PVF 4	Racionalidade	0,1624
PVF 5	Sustentabilidade	0,1068
		1,000

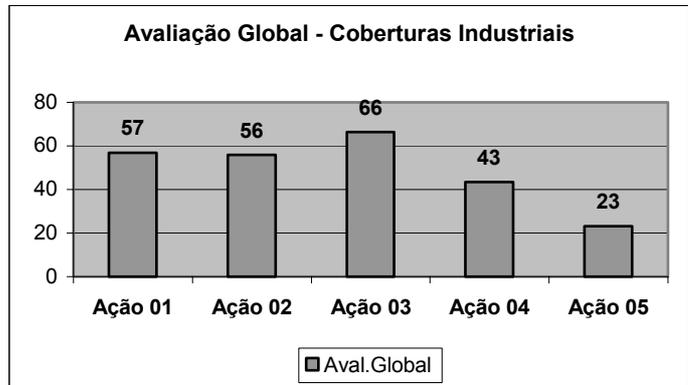


Figura 6.30– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério sustentabilidade – Avaliação Global.

	PVF 01	PVF 02	PVF 03	PVF 04	PVF 05	Aval. Global	
Ação 01	16	23	10	4	4	57	2º
Ação 02	14	24	10	4	4	56	3º
Ação 03	14	35	10	4	4	67	1º
Ação 04	26	-1	10	4	4	44	4º
Ação 05	12	11	13	-18	5	22	5º

É importante afirmar que as variáveis utilizadas no desenvolvimento do modelo não contemplam a complexidade das dimensões tratadas no desenvolvimento da ferramenta. Há, portanto, a necessidade do aprofundamento da análise e da definição das variáveis. Aspectos como custos e propriedades das coberturas devem ser aprofundados para a obtenção de resultados mais ricos em termos de informações. É importante salientar que a análise quantitativa dos aspectos tecnológicos permite a compreensão da dinâmica de todos os pontos vinculados às dimensões construtiva e ambiental simultaneamente, mas não permite a avaliação dos aspectos relacionados ao papel da cobertura no todo compositivo. Um edifício que funciona e que traz consigo as dimensões tecnológica e ambiental bem resolvidas não caracteriza uma arquitetura com significado, afastada da prática banal, direcionada à resolução, apenas, das questões funcionais e comprometida com a nova estética do século XXI.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
6.1. Princípios estruturadores do modelo: a descrição		6.2. Desenvolvimento do modelo		6.3. Aplicação do modelo: o exemplo		6.4. Testes e verificações

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na introdução desta tese foi mencionada como hipótese de trabalho a possibilidade de utilização das informações geradas num modelo de apoio à decisão como ferramenta de geração de conhecimento, a qual poderia apoiar o arquiteto no que tange aos aspectos tecnológicos e ambientais, pela possibilidade de mensuração de determinadas variáveis que carregam uma grande carga de informações de natureza quantificável. O caminho para a comprovação da hipótese passou por duas diferentes abordagens do problema: a teórica e a resolutive.

A abordagem teórica – o entendimento do papel tecnológico

Na primeira, **a teórica**, com base na análise do papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura, como também na necessidade da análise da viabilidade da utilização de ferramentas de apoio à decisão para a escolha de elementos de arquitetura, analisou-se a projetualidade da arquitetura em geral, com ênfase na dimensão tecnológica, nos edifícios industriais - tipologias sempre ligadas aos avanços tecnológicos da construção - e na cobertura, “principal forma” de caracterização do ecletismo tecnicista da segunda metade do século XIX.

Com essa análise, foram geradas importantes contribuições para a projetualidade da arquitetura em geral. Na **análise do papel da tecnologia** nos últimos dois séculos, verificou-se a possibilidade do desenvolvimento do estudo com base no entendimento da evolução dos elementos de arquitetura, os quais, desde a composição acadêmica de Durand, foram classificados e, mais tarde, na prática de projeto funcionalista do modernismo, passaram a ser importantes indutores do desenvolvimento tecnológico da arquitetura. A cada projeto, um novo repertório; a cada novo grupo de elementos de arquitetura, uma maior complexidade na projetualidade em geral. Essa cultura do detalhe gerou um paradoxo na arquitetura, pois os rápidos avanços gerados pelos novos repertórios acarretaram uma perda do domínio da dimensão tecnológica na projetualidade em geral. Observa-se, então, que, nesse período, o método de projeto teve uma influência direta no desenvolvimento tecnológico da construção e na posterior maior complexidade da dimensão citada. Ainda no âmbito da análise do papel da tecnologia, destaca-se a classificação dada por este autor às diferentes dimensões presentes na projetualidade da arquitetura em geral: **a) dimensão representativa extrusiva; b) intrusiva; c) funcional de representação; d) discreta**. Essa classificação é importante no trabalho, porque permite entender o papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura atual em termos de intenções e intensidades. A *dimensão tecnológica representativa* vincula-se à utilização dos

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
A abordagem histórica - o entendimento do papel tecnológico		A abordagem resolutive - a criação da ferramenta		A abordagem resolutive - a análise dos resultados		Antes e depois da tese

aspectos construtivos como cenário, como estratégia de propaganda, tendo a responsabilidade de transmitir o desenvolvimento, a imponência de uma empresa, ou instituição. As duas classificações - *extrusiva* e *intrusiva* - relacionam-se à estratégia de utilização dos elementos técnico-construtivos de alto desenvolvimento tecnológico. Na *extrusiva* os elementos de arquitetura caracterizam na sua envolvente exterior a pretensão de utilização de um elevado grau de desenvolvimento tecnológico; na *intrusiva* a apresentação interior dos elementos de arquitetura com elevado desenvolvimento tecnológico objetiva o convite dos usuários do ambiente exterior a usufruírem visualmente ou fisicamente das possibilidades presentes. A dimensão tecnológica representativa vincula-se diretamente à utilização dos elementos de arquitetura como ícones que denotam desenvolvimento.

A *dimensão tecnológica funcional de representação* relaciona-se à intenção de apresentação do entendimento das partes do edifício, ou seja, à caracterização de como ele é montado e composto. Essa dimensão é definida por tipologias com materiais aparentes, pela marcação da estrutura em baixo relevo, por edifícios envidraçados, enfim, por edificações que mostrem como são materializadas. Já a *funcional discreta* vincula-se, única e exclusivamente, ao funcionamento do edifício, sem a preocupação de externar as características construtivas.

Pela **análise dos edifícios industriais** foi possível constatar a forte ligação da tipologia com os avanços da tecnologia da construção. A análise da evolução do tipo arquitetônico permitiu determinar as três tendências atuais de configuração dos edifícios, estabelecendo uma relação entre as formas de organização da atualidade e a classificação da intensidade presente na dimensão tecnológica. As tendências da dimensão formal presente na projetualidade das fábricas observadas foram: a forma vinculada aos propósitos imediatos – o caso geral; a forma vinculada aos propósitos imediatos e à imagem da indústria – o caso europeu ; os propósitos imediatos vinculados à mensagem – o novo arranjo da função. Duas observações são importantes na análise das três tendências. Avaliando o papel da dimensão tecnológica na projetualidade das tendências apontadas, verificou-se que a ênfase da dimensão tecnológica funcional discreta está, geralmente, presente nos edifícios industriais vinculados aos propósitos imediatos de produção. No capítulo três observou-se que há uma ligação entre a arquitetura banal, sem significado, e a citada classificação da ênfase da dimensão tecnológica na projetualidade da tipologia industrial, ou seja, observa-se aqui que, nos projetos em que existe uma extrapolação da resolução programática, os aspectos construtivos e ambientais também se destacam de alguma forma no todo compositivo; por sua vez, nos que não há essa preocupação, geralmente está presente a dimensão tecnológica funcional discreta. O segundo importante aspecto observado com base na análise das tendências é o vigor dos aspectos construtivos quando da presença da dimensão tecnológica representativa intrusiva, no sentido de influenciar diretamente na organização funcional da edificação, ou seja, a função, aqui, adapta-se às necessidades “estéticas” da tecnologia.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
A abordagem histórica - o entendimento do papel tecnológico		A abordagem resolutiva - a criação da ferramenta		A abordagem resolutiva - a análise dos resultados		Antes e depois da tese

Na **análise das coberturas industriais**, terceira parte da abordagem teórica para a comprovação da hipótese, objetivou-se verificar a contribuição das coberturas para a projetualidade da arquitetura em geral. Dentre os aspectos observados sobre o tema destaca-se, inicialmente, a participação do plano horizontal no desenvolvimento científico do século XIX, caracterizando o ecletismo tecnicista, movimento não aceito pelos arquitetos tradicionais da época, então comprometidos com a arquitetura de estilos. É importante destacar a marcante presença da dimensão tecnológica na projetualidade das coberturas de estações de trem, estufas e edifícios industriais, entre outros, e, nesse sentido, é interessante reforçar a marcante ligação cobertura-tecnologia-edifício industrial. Um segundo importante aspecto do elemento de arquitetura cobertura é a participação na consolidação da nova forma de arquitetura moderna, possibilidade essa conquistada pela união entre as novas intenções formais dos arquitetos do período e das novas possibilidades de resolução técnica obtidas, principalmente, no início do século XX, com o já consolidado desenvolvimento do concreto armado e dos sistemas de impermeabilização. O terceiro importante aspecto observado com o estudo das coberturas industriais é a participação na consolidação atual da pluralidade arquitetônica. Conforme já caracterizado na apresentação das coberturas para edifícios com grandes vãos, no final do século XX, o grande desenvolvimento tecnológico, somado à nova “estética da mensagem”, levou a que a projetualidade das coberturas fosse caracterizada, no que tange à dimensão formal, por duas tendências distintas, já apresentadas. A pluralidade de estilos de arquitetura praticados na atualidade respalda uma diversidade de soluções projetuais do plano horizontal, ora valorizado como elemento de força no todo compositivo, através da valorização das dimensões formais e tecnológicas da sua projetualidade, ora trabalhado de forma discreta.

A abordagem resolutiva – a criação da ferramenta

A segunda forma de verificar a viabilidade da hipótese foi a criação da ferramenta para a posterior verificação da viabilidade de utilização de modelos de apoio à decisão na arquitetura, no que tange aos aspectos tecnológicos, ambientais, como elementos de apoio à formação e consolidação de repertório do arquiteto. O primeiro desafio para a criação de um modelo foi a definição dos critérios de análise, os quais foram abstraídos da norma ISO DP 6241, utilizada na área de avaliação pós-ocupação como referência aos métodos modernos de análise do desempenho do ambiente construído. Com a análise da norma, chegou-se a quatro grupos de critérios a serem trabalhados: ambientais, construtivos, funcionais e referentes a custos. Posteriormente, foi verificada também a necessidade do critério sustentabilidade, no sentido das novas aspirações ambientais da sociedade no que diz respeito ao impacto da construção no meio ambiente. Cabe aqui salientar um aspecto muito importante durante a construção do modelo, relacionado à complexidade da dimensão tecnológica. **As variáveis escolhidas para o desenvolvimento do modelo, com certeza, não esgotam a complexidade**

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
A abordagem histórica - o entendimento do papel tecnológico		A abordagem resolutiva - a criação da ferramenta		A abordagem resolutiva - a análise dos resultados		Antes e depois da tese

da dimensão tratada. Aspectos como custos, conforto térmico, visual e sustentabilidade, principalmente, podem ser mais explorados num posterior desenvolvimento e análise de ferramentas de apoio. Durante a fase da análise da ferramenta, através da verificação dos requisitos formais que uma cobertura deve satisfazer na leitura visual, foram apresentados os aspectos vinculados à interação do usuário com o objeto construído, dentre os quais foi destacado o caráter do edifício, buscando reforçar que apenas a resolução dos aspectos construtivos não garante a consolidação de um edifício com significado e que o modelo gerado não identifica aspectos vinculados à interação do usuário com o edifício.

Um dos objetivos deste trabalho foi também definir os critérios para a caracterização dos pesos das diferentes variáveis presentes na análise. Com a metodologia utilizada para confeccionar o modelo, MCDA, foi possível comparar par a par possíveis configurações de coberturas e definir graus de preferência entre elas. Essa comparação entre diferentes sistemas gerou, automaticamente, através da utilização do software MACBETH (1998), os pesos dos critérios, ou seja, a definição dos pesos não foi uma atividade aleatória. A comparação das diferentes possibilidades de configurações de coberturas, entendendo aqui o elemento horizontal como uma combinação de estrutura, que pode ser de aço, concreto armado e protendido, telhamento, formado por telhas metálicas simples e sanduíche, e sistema de iluminação e ventilação, gerou, indiretamente, a definição dos graus de importância dos critérios. Posteriormente, ainda durante a fase de construção e testes do modelo, foi observado que os pesos gerados para os diferentes critérios estavam adequados segundo a análise de sensibilidade da ferramenta, na qual se variou em 10% os graus de importância das variáveis e observou-se a mudança da avaliação dos sistemas de coberturas testados. O desafio da definição e avaliação dos pesos foi facilitado pela utilização do software na construção da ferramenta.

A abordagem resolutiva – a análise dos resultados

Os resultados da análise dos cinco diferentes sistemas de coberturas possibilitaram um melhor entendimento das dimensões tecnológica e ambiental presentes nos elementos de arquitetura simulados. Pela análise do perfil dos diferentes sistemas é possível entender os distintos desempenhos dos conjuntos testados variável por variável, caracterizando um dos objetivos iniciais identificado pela utilização da ferramenta como um elemento gerador de repertório, no que tange às dimensões tecnológica, ambiental e referente a custos. Obviamente, uma análise mais detalhada das diferentes variáveis presentes nas dimensões trabalhadas traria um maior aprofundamento dos resultados, como também uma maior aproximação da realidade presente na projetualidade das coberturas industriais.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
A abordagem histórica - o entendimento do papel tecnológico		A abordagem resolutiva - a criação da ferramenta		A abordagem resolutiva - a análise dos resultados		Antes e depois da tese

Um importante aspecto, já mencionado no trabalho e que deve ser reforçado na conclusão, é o entendimento da ferramenta gerada como um elemento de potencialização do repertório dos arquitetos, objetivando, posteriormente, durante a definição do elemento de arquitetura escolhido, um melhor entendimento das dimensões tecnológica e ambiental propriamente ditas, como também da interação entre essas. Não pode ser perdido, aqui, o entendimento da diferença entre um edifício, cuja essência pode ser identificada pela simples resolução do programa, e um outro no qual existe um “caminho predefinido” pelo arquiteto, de encontro entre a obra e o usuário, definido pelos aspectos simbólicos presentes na projetualidade da arquitetura em geral. Portanto, deve ser entendido que as ferramentas de apoio à decisão não são elementos a serem utilizados para decidir, e sim, para apoiar o arquiteto enquanto potencializadoras de repertório. Conforme exposto no capítulo cinco, os critérios de análise das coberturas industriais não contemplam aspectos vinculados à forma dos elementos de arquitetura, ou seja, dois fechamentos horizontais com configurações formais diferentes poderiam possuir as mesmas características de desempenho quanto às dimensões tecnológica, ambiental e referente a custos, conforme as soluções “01” e “02” do estudo de caso, contudo o encontro das obras com os usuários geraria diferentes julgamentos de gosto, visto que as distintas características formais das soluções apresentam diferentes graus de abstração.

Antes e depois da tese

O primeiro importante aspecto produto desta tese é a caracterização das dimensões técnica e ambiental como complexos elementos presentes na projetualidade da arquitetura em geral, os quais estão diretamente relacionados a presença das diferentes ênfases da dimensão tecnológica. Os inúmeros aspectos a serem tratados, simultaneamente, durante a escolha de um elemento de arquitetura importante para a ambiência de um determinado espaço físico definem a complexidade da análise e escolha de determinada parte material do edifício. Essa complexidade anunciada é caracterizada, nesta tese, por duas diferentes ênfases da presença da dimensão tecnológica na projetualidade em geral: as *funcionais (discreta e representativa)* e *representativas (intrusiva e extrusiva)*, diferenciadas entre si pela estratégia de utilização dos diferentes elementos de arquitetura, seja pela importância da apresentação das partes materiais do edifício, ou seja, apenas pelo cumprimento da função de fazer a obra “funcionar”.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
A abordagem histórica - o entendimento do papel tecnológico		A abordagem resolutiva - a criação da ferramenta		A abordagem resolutiva - a análise dos resultados		Antes e depois da tese

A segunda contribuição da tese refere-se à desmistificação da impossibilidade de algoritmos contribuírem de alguma forma para a projetualidade da arquitetura em geral. A arquitetura precisa dessa ferramenta apresentada, ou de similares modelos, para continuar existindo? Obviamente que não, pois o método de projeto é uma particularidade de cada arquiteto, e uma tentativa de equacionar esse processo seria um erro muito grande, visto o grande número de aspectos subjetivos presentes nesse caminho percorrido pelo projetista durante o ato de projetar, durante a materialização de seu encontro com a obra. Todavia, não há dúvidas sobre as possibilidades da contribuição dos modelos de apoio no que diz respeito ao desenvolvimento de repertório de análise dos arquitetos para as dimensões tecnológica e ambiental presentes nesse processo. Foi provado neste trabalho que tais ferramentas de apoio à decisão não podem ser utilizadas para decidir, pois o arquiteto é quem tem esta função. Contudo, em se tratando de apoiá-lo no que tange à complexidade dos aspectos tecnológicos e ambientais, mostrou-se que tais modelos podem ser utilizados como fomentadores do repertório dos projetistas, através da ordenação, organização e avaliação das diferentes variáveis presentes na projetualidade da escolha de um elemento de arquitetura qualquer, ou seja, da parte material de uma edificação. É importante salientar que a análise apresentada aqui não contempla a totalidade das variáveis presentes nas dimensões-alvo do modelo criado e que estudos futuros poderiam caracterizar o real potencial de contribuição dos modelos de apoio à decisão, obviamente, para complexas situações de escolha de elementos de arquitetura.

1. Tecnologia na projetualidade	2. Histórico do uso da tecnologia	3. Coberturas e edifícios industriais	4. Tecnologia e concepção arquitetônica	5. Variáveis de avaliação das coberturas	6. Crítica ao modelo de avaliação	7. Considerações finais
A abordagem histórica - o entendimento do papel tecnológico		A abordagem resolutiva - a criação da ferramenta		A abordagem resolutiva - a análise dos resultados		Antes e depois da tese

REFERÊNCIAS

1) Teoria, História e Crítica da Arquitetura

1. BANHAM, Reyner. **Teoria e projeto na primeira era da máquina**. 3.ed. São Paulo: Perspectiva, 2003.
2. BENEDETTI, Aldo. **Norman Foster**. Barcelona: Gustavo Gilli, 1995.
3. BENEVOLO, Leonardo. **As origens do urbanismo no Brasil**. 3.ed. Lisboa, 1994.
4. BENEVOLO, Leonardo. **História da cidade**. 3.ed. São Paulo: Perspectiva, 1999.
5. BLASER, Werner. **Norman Foster: Sketches – Zeichnungen**. Werner Blaser, Tradução de Claudia Neuenschwander. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 1992.
6. BOLLEREY, Franziska. **Architekturkonzeptionen der utopischen Sozialisten**. Berlin: Ernst & Sohn, 1991.
7. BUCHANAN, Peter. **Renzo Piano Building Workshop**. Hong Kong: Phaidon, 2000.
8. BUSSE, Busso von, et al. **Atlas Flache Dächer – Nutzbare Flächen**. Munique: Institut für internationale Architektur-Dokumentation, 2000. 272p.
9. CARSALADE, Flávio de Lemos. **Arquitetura: Interfaces**. Belo Horizonte: Ap cultural, 2001. 116 p.
10. CHING, Francis D. K.. **Arquitetura: forma, espaço e ordem**. São Paulo: Martins Fontes, 1998. 399 p.
11. CLARK, Roger; PAUSE, Michael. **Arquitectura: temas de composicion**. 2.ed. México: GustavoGilli, 1997.
12. CIVERA, Inmaculada Aguilar. **El patrimonio arquitectónico industrial**. Madrid: 2000.
13. COSTA, Ana Elisia. **Do galpão rudimentar ao complexo de edifícios industriais. Uma investigação sobre o tipo e o caráter dos edifícios industriais**. 1999. Monografia, PROPARG, UFRGS, Porto Alegre, 1999.
14. CABRAL, Cláudia Pianta Costa. **Grupo Archigram, 1961-1990: uma fábula da técnica**. 2001. Tese (Doutorado em Teoria e Historia de la Arquitectura), Barcelona. 322 p.
15. COSTA, Ana Elísia da. **Evolução do edifício industrial em Caxias do Sul- 1880 a 1950**. 2001. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) PROPARG, UFRGS, Porto Alegre, 2001.
16. DEL RIO, Vicente, et al. **Projeto do lugar – colaboração entre psicologia e arquitetura e urbanismo**. Rio de Janeiro: Contra Capa, 2002.
17. FOSTER AND PARTNERS, **Foster Catalogue 2001**. Munique: Prestel, 2001.
18. JANTZEN, Sylvio. **Exercícios de projeto – pequeno caderno de orientação para a prática de atelier**. Pelotas: UFPEL, 2000.
19. JODIDIO; Philip. **Sir Norman Foster**. Colônia: Tasche, 2001.
20. LIPPERT, H. G. Baugeschichte. **Materiellen zur Vorlesung. III-1**. Dresden: TU Dresden, 2004. 90 p.
21. LIPPERT, H. G. Baugeschichte. **Materiellen zur Vorlesung. III-2**. Dresden: TU Dresden, 2004. 108 p.
22. MAHFUZ, E. da C. Composição e caráter e a arquitetura do novo milênio. **Projeto Design**, São Paulo, n. 195, abr. 1996.

23. MAJOR, Mate. **Geschichte der Architektur. Band 3. Gesellschaft, Kultur, und Architektur von der Mitte des 18. bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts.** Berlin: Henschelverlag, 1984.
24. MONTANER; Josep Maria. **Arquitectura y critica.** 2.ed. Barcelona: Gustavo Gilli, 2000. 108 p.
25. ORNESTEIN, Sheila. **Avaliação pós-ocupação do ambiente construído.** São Paulo: Studio Nobel, 1992.
26. REIS, Antônio T., **Repertório, análise e síntese: uma introdução ao projeto arquitetônico.** UFRGS: Porto Alegre, 2002.
27. SILVA, Elvan. **A forma e a fórmula: cultura, ideologia e projeto na arquitetura da Renascença.** Porto Alegre: Sagra, 1991.
28. SILVA, Elvan. **Arquitetura e semiologia.** Porto Alegre: Sulina, 1985.
29. SILVA, Elvan. **Notas sobre as concepções predominantes no ensino do projeto arquitetônico: o conceito de projetualidade.** Belo Horizonte: Centro Universitário Izabela Hendrix, 2004.
30. SILVA, Geraldo Gomes. **Arquitetura do ferro no Brasil.** 2.ed. São Paulo: Nobel, 1987.
31. TEDESCHI, Enrico. **Teoria de la arquitectura.** Buenos Aires: Nueva Visión, 1962. 193 p.
32. PEVSNER, Nicolau. **Origens da arquitetura moderna e do design.** 3.ed. São Paulo: Martins, 2001.
33. PEVSNER, Nicolau. **História de las tipologias arquitectonicas.** Barcelona: Gustavo Gili, 1980.
34. PAHL, Jürgen. **Architekturtheorie des 20. Jahrhunderts. Zeit – Räume.** Munique, Londres, Nova Iorque: Prestel, 1999. 334 p.
35. RICHTER, Von Klaus. **Architektur des 20. Jahrhunderts.** Munique, Londres, Nova Iorque: Prestel, 2004.
36. SCHADE, Achim, REDIECK, Mathias. **Industrie-denkmale in Deutschland.** Rostock: Stadtdruckerei Weidner GmbH, 1999.
37. SCHEIDEGGER; Fritz. **Aus der Geschichte der Bautechnik. Band 1: Grundlagen.** Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 1990.
38. SCHULITZ, Helmut. **Industriearchitektur in Europa.** Berlin: Ernst & Sohn, 1992.
39. SEMBACH; Klaus J., HÜTSCH, Volker. **Industriedenkmäler.** Munique: Schirmer/Mosel, 1990.
40. VENTURI, Robert. **Complexidade e contradição em arquitetura.** / Robert Venturi; tradução Álvaro Cabral – São Paulo: Martins Fontes, 1995.
41. WAISSMAN, Marina. **Estructura del entorno.** Buenos Aires: Nuevas Ediciones, 1972. 235 p.

2.1) Artigos - Congressos

42. MIRANDA, Adriana. A evolução do edifício industrial em PoA de 1870 a 1950. In ENCONTRO DE TEORIA E HISTÓRIA DA ARQUITETURA, 7, 2003, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2003. p.1-12.

43. OLIVEIRA, Rogério. A arquitetura industrial como figuração: experimentações construtivas. In ENCONTRO DE TEORIA E HISTÓRIA DA ARQUITETURA, 7, 2003, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2003. p.1-8.
44. PEIXOTO, Eliane R.. Um ponto de vista sobre o patrimônio Industrial. In ENCONTRO DE TEORIA E HISTÓRIA DA ARQUITETURA, 7, 2003, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2003. p.1-12.
45. POZZI, Marion. Iluminação zenital em tipologias industriais: Projetos de 1970 a 1991. ENCONTRO DE TEORIA E HISTÓRIA DA ARQUITETURA, 7, 2003, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2003. p.1-12.
46. PRAVIA, Zacarias M. C., Uma avaliação crítica das alternativas de sistemas estruturais para uma arquitetura industrial. In ENCONTRO DE TEORIA E HISTÓRIA DA ARQUITETURA, 7, 2003, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2003. p.1-12.
47. RUFINONI, Manuela F..Patrimônio Histórico da cidade de São Paulo – O Cotonifício Crespi. In ENCONTRO DE TEORIA E HISTÓRIA DA ARQUITETURA, 7, 2003, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2003. p.1-12.
48. TRINDADE, Isabela L., et al. A reinterpretação da arquitetura industrial em 3 projetos no nordeste. In ENCONTRO DE TEORIA E HISTÓRIA DA ARQUITETURA, 7, 2003, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2003. p.1-12.

3) Metodologia de Projeto

49. MARTÍNEZ, Alfonso Corona. **Ensaio sobre o projeto/** Alfonso Corona Martínez; tradução de Ane Lise Spaltemberg; revisão técnica de Silvia Fischer. – Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2000. 198 p.
50. MAHFUZ, Edson da Cunha. **Ensaio da razão compositiva.** Belo Horizonte: 1995.
51. MAHFUZ, Edson da Cunha. Composição e caráter e a arquitetura no fim do milênio. **Projectodesign**, São Paulo, p. 99 - 101, abr.1996.
52. JANTZEN, Sylvio. **Metodologia do projeto arquitetônico.** Curso ministrado na UPF em julho de 2003. Passo Fundo: UPF, 2003.
53. SILVA, Elvan. **Uma introdução ao projeto arquitetônico.** 2.ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 1998.

4) Tecnologia da Arquitetura

54. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 14432 – **Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2000.
55. ANINK, D. et al. **Handbook of sustainable building – an environmental preference method for selection of materials for use in construction and refurbishment.** Londres: 1996, 175p.
56. BAUER, Falcão. **Materiais de construção.** 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. v.1.
57. BELLEY, Ildony. **Edifícios estruturais em aço.** 3.ed. São Paulo: Pini, 2000.
58. COSTA, Ênio Cruza da, **Física aplicada a construção – conforto térmico.** 4.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
59. CUNHA, Gilberto R.: **Clima do Rio Grande do Sul.** Embrapa Trigo: Passo Fundo, 2000.

60. DIERCKE, Carl, DORNBUSCH, Joachim. **Diercke, die Welt in Karten**. 2.ed. Westermann: Braunschweig, 1999. 240 p.
61. DIAS, Luis Andrade de Mattos. **Estruturas de aço – conceitos, técnicas e linguagem**. São Paulo: Zigurate, 1997.
62. DIAS, Luís a de Mattos, **Aço e arquitetura – estudo de edificações no Brasil**. São Paulo: Zigurati, 2001.
63. EICHLER, Arndt: **Bautechnischer Wärme- und Feuchtigkeits-Schutz**. Berlin: VEB Verlag für Bauwesen, 1981. 144 p.
64. ESTEVES, Vera L., **Edifícios de grandes vãos: aspectos arquitetônicos, estruturais e econômicos**. 2002. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). PROPARG, UFRGS, Porto Alegre, 2002.
65. ESTRUTURAS, Departamento de Engenharia, **Construções em aço**. São Carlos: USP, 1998.
66. FILHO, Arnaldo C. C., CEA, Antonio A., GARCIA-TORNAL, A. J. Sistemas construtivos: Aço x concreto – Análise de seus impactos sobre o meio ambiente. IN IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu. 2002.
67. HALÁSZ, Robert und Scheer, Claus: **Holz-Taschenbuch**. Ernst & Sohn 9. Auflag, 1996. 1087 p.
68. HENN, Walter. **Edificaciones Industriales**. Barcelona: Gustavo Gili, 1966.
69. HOPKINSON, R. KAY, L. **The lighting of buildings**. Londres: Faber and Faber, 1969.
70. I.E.S.CODE. **Recommendations for good interior lighting**. Londres: I.E.S., 1961.
71. ILUMINATING ENGINEERING SOCIETY – IES. **Industrial Lighting: ANSI/IES – RP – 7**. Nova Iorque, 1991.
72. LAWSON, Bill. **Building materials energy and environment – towards ecologically development**. Austrália: University of New South Wales, 1997.
73. MACINTYRE, Archibald Joseph. **Ventilação industrial e controle de poluição**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1990.
74. MASCARÓ, Lúcia R. De. **Energia na edificação**. 2.ed. São Paulo: Projeto, 1991.
75. MASCARÓ, Lúcia, **Análise prévia para a caracterização de aspectos energéticos dos materiais de construção**. Porto Alegre: UFRGS, 1998.
76. MASCARÓ, Lúcia. **Inovação tecnológica e inovação arquitetônica**. 1990, Tese. USP, São Paulo.
77. MASCARO, Lucia. **Tecnologia e arquitetura**. São Paulo: Nobel, 1989.
78. MÁSCARO, Juan. **O custo das decisões arquitetônicas**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1998.
79. POZZI, Marion. **Iluminação zenital em ambientes industriais: o caso Albarus – RS**. 1999, Dissertação (Mestrado em Arquitetura) PROPARG, UFRGS, Porto Alegre, 1999.
80. REBELLO, Yopanam C.P. **A concepção estrutural e a arquitetura**. São Paulo: Ziguratte, 2001.
81. RUAS, Álvaro Chaves. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. Brasília: Fundacentro, 1999.
82. SCHUNK, Eberhard et al. **Dach Atlas Geneigt Dächer**. Institut für internationale Architektur-Dokumentation: Munique, 1991. 372 p.

83. SCIGLIANO, Sérgio; HOLLO, Vilson. **Conforto térmico em edifícios comerciais e industriais em regiões de clima quente**. São Paulo: Pini, 2001.
84. SHOZO, Motoyama (Org), **Tecnologia e industrialização no Brasil. Uma perspectiva histórica**. São Paulo: UNESP, 1994.
85. SILVA, Pérides. **Acústica arquitetônica e condicionamento de ar**. Belo Horizonte: EDTAL, 1997.
86. SILVA, Valdir Pignata. **Estruturas de aço em situação de incêndio**. São Paulo: Zigurate, 2001.
87. SPERG, Márcia; SATTLER, Miguel. Avaliação das tipologias habitacionais a partir da caracterização de impactos ambientais relacionados a materiais de construção. Encontro In: LATINO AMERICANO DE COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS (ELECS), 2001, Canela, **Anais**, Porto Alegre: 2001.
88. TEIXEIRA; Rubenilson Brazão. **A variável tecnológica na definição do partido arquitetônico e do estudo preliminar**. Natal: Cooperativa Cultural, 1993.
89. VIANA, Nelson; GONÇALVES, Joana Carla S. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Virtus s/c LTDA, 2001.

5) Periódicos de Arquitetura

90. AFLALO; GASPERINI, Indústrias Villares em São Paulo. **Projeto design Arquitetura**, São Paulo, n.101, jul. 1987.
91. BACHMANN, Wolfgang: Garne stricken, Marke zeigen, Ort bestimmen. **Industriebau**, Munique, v. 06, p. 16-20, jun. 2002.
92. BACHMANN, Wolfgang: Gläsern Manufaktur in Dresden, Henn Architekten, Munique/Berlin. Baumeister. **Zeitschrift für Architektur**, Munique, v. B5, p. 46-55, mai. 2002.
93. BO BARDI, Lina, Palácio das Indústrias nova sede da Prefeitura Municipal de São Paulo, **Projeto design Arquitetura**, São Paulo, n. 138, fev. 1991.
94. CAPARI, Planungsgruppe. Moosfeldt in München. **Architektur + Wettbewerbe**, Munique, v. 12, p. 98-100, dez. 2004.
95. CÉSAR, Roberto Cerqueira et. al. Indústrias Gessy Lever Ltda em Vinhedo, SP. **Projeto design Arquitetura**, São Paulo, n.32, ago. 1981.
96. CARRASCOSA, João: A arte e a técnica de criar ambientes em indústrias. **Projeto design Arquitetura**, São Paulo, n. 90, ago. 1986.
97. CONCEPT BAU GMBH. Industriepark Städtebaulicher in Isar, **Architektur + Wettbewerbe**, Munique, v. 4, p. 283-294, abr. 1991.
98. GRUNOW, Evelise: Parque gráfico Correio da Paraíba, João Pessoa-PB, José Maciel Neto. **Projeto design Arquitetura**, São Paulo, n. 261, dez. 2001.
99. HAUSER, Joaquim, Papierfabrik in Osterreich, **Industriebau**, Munique, p. 57-59, fev. 2002.
100. HENN ARCHITEKTEN. Autostadt in Wolfsburg . **Industriebau**, Munique, Berlin, v. 03, p. 24-27, mar. 2000.
101. HORSCHIG Joha. Architektet und Industrie als Erlebnis. **Bauindustrie**, Munique, p. 63-67, abr. 2000.
102. KRONTHALER, Kario: Maschinerie unter Glass. **Industriebau**, Munique, v. 03, p. 18-22, mar.2002.

103. MELENDEZ, Adilson: Estamparia Metálica, Carlos Barbosa-RS - Carlos Maximiliano Fayet e Cláudio Luiz Araújo. **Projeto design Arquitetura**, São Paulo, n. 246, ago. 2000.
104. MELENDEZ, Adilson: NPC Grupo Arquitetura - Laboratório Edag Brasil, São Bernardo do Campo-SP. **Projeto design Arquitetura**, São Paulo, n. 262, dez. 2001.
105. MOURA, Éride: Fábrica Unilever, Vinhedo-SP, Paulo Bruna. **Projeto design Arquitetura**, São Paulo. n. 262, dez. 2001.
106. NEIER, Gabrieli: Centrali Montemartini in Rom, Francesco Stefanori. **Baumeister. Zeitschrift für Architektur**.v. B12, p. 56-63, jul. 2002.
107. NORDLI, Thomas: Nachhaltige Umwelttechnologie ist Unternehmenskultur. **Industriebau**. v. 06, p. 26-29, set. 2002.
108. PAIVA, Cida. Indústrias incorporam avanços tecnológicos. **Projeto design Arquitetura**, São Paulo, n. 142, jun. 1991.
109. PARADA, Sérgio Roberto. Gravia Indústrias de Aços Perfilados in Brasília, DF. **Projeto design Arquitetura**, São Paulo, n.163, mai. 1993.
110. RITCHIE, Ian, London, Wettbewerbe Fabrik Glasbau in Stuttgart. **Architektur + Wettbewerbe**, Munique, v.5, p. 85-94, mai.1994.
111. SANTO, José Marcelo do Espírito. O Palácio das Indústrias e a Prefeitura de São Paulo. **Projeto design Arquitetura**, São Paulo, n. 89, jul. 1986.
112. SATTLER, Philipp: Identität ist Trumpf. **Industriebau**, v. 04, p. 36-38, abr. 2002.
113. SCHREIDER, Sabine: Bürohaus in Hanau, Christoph Mäckter Architekten. **Baumeister. Zeitschrift für Architektur**. v. B10, p. 86-93, abr. 2002.
114. SCHNEIDER, Enno. Regionalstelle für das Elektrizitätswerk Wesertal in Holzminden. **Industriebau**, Berlin/Detmold, v. 01, p. 22-25, jan, 2002.
115. SERAPIÃO, Fernando. Indústria de móveis, Taboão da Serra, SP, Batagliesi Arquitetos + Designers. **Projeto design Arquitetura**, São Paulo, n. 246, ago. 2000.
116. SIMCH, Pedro. Dana Indústrias, Campo Largo, PR. **Projeto design Arquitetura**, n. 230, abr. 2000.
117. TEPERMAN, Sérgio Arquitetos Associados. Auditório Federação das Indústrias em Maceió. **Projeto design Arquitetura**, São Paulo. n. 18, jan. 2001.
118. UHDE, Robert: Einprägsames Zeichen. **Industriebau**.v. 06, p. 22-25, jun. 2004.
119. URBINATI, Aldo: Indústria alimentícia, Rio Verde, GO, GCP Gyrfas Coelho **Arquitetos. Projeto design**, São Paulo, n.246, ago. 2000.

6) Metodologia Científica

120. ECO, Umberto. **Como se faz uma tese**. São Paulo: Perspectiva, 2002.
121. CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **metodologia científica**. 4.ed. São Paulo: Makron Books, 1996.
122. LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, elaboração, análise e interpretação dos dados**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
123. LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: E.P.U., 1986.

124. MINAYO, Maria Cecília de Souza (Org). **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 1994.
125. SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2000.
126. RAUBER, Jaime José et al. **Apresentação de trabalhos científicos**. 3.ed. Normas de orientações práticas. Passo Fundo: UPF editora, 2003.

7) Gestão do processo decisório

127. ENSSLIN, Leonardo, Montibeller, Gilberto Nto, Noronha, Sandro McDonald. **Apoio à decisão metodologias para a estruturação de problemas e avaliação multicritério para alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001.
128. GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista da Administração de Empresas**. São Paulo: v.35, n.2. p. 57-63. Mar/Abr. 1995.
129. MONTIBELLER, G. N. **Mapas cognitivos difusos para o apoio à decisão: Uma metodologia integrada para construção de problemas e exploração do impacto de alternativas nos valores do tomador de decisão**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - UFSC, Florianópolis, 2000.
130. VASCONCELLOS, Luciano de. **Construção do modelo de avaliação do desempenho de uma indústria de conservas**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de produção) – UFSC, Florianópolis.
131. VINCKE, Philip. **Multicriteria decision aided**. London: John Wiley & Sons, 1993.

8) Outros assuntos

132. STITT, Fred A. **Ecological design handbook – sustainable strategies for architecture, landscape architects, interior design and planning**. EVA: MC Granaill, 1999.
133. SLACK, Nigel et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.
134. TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução ao estudo em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1995.
135. VALLE, Cyro Eyer. **Implantação de indústrias**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1975.

Referências bibliográficas consultadas

136. BENÉVOLO, Leonardo. **A cidade e o arquiteto**. São Paulo: Perspectiva: 1991.
137. COSTA, Ênio Cruz da Costa. **Física aplicada à construção**. Conforto térmico.4.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
138. DIAS, Luís A. de Mattos. **Aço e arquitetura – estudo de edificações no Brasil**. São Paulo: Zigurate, 2001.
139. ESTRUTURAS, DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA. **Construções em aço**. São Carlos: USP, 1998.
140. INTERNATIONAL STANDARD. ISO-DP 6241: **Performance standards in buildig – Principles for tehir preparation and factors to be considered**. Switzerland. 1984.
141. FMITCHELL’S BUILDING SERIES. **Structure and fabric**, 5.ed., Longhan Scientif.

142. SHOZO, Montoyama (Org). **Tecnologia e industrialização no Brasil**. Uma perspectiva histórica. São Paulo: UNESP, 1994.
143. STITT, Fred A. **Ecological design handbook – sustainable strategies for architecture, Landscape architecture, Landscape architects, interior design and planning**. EVA: Mc Granhill, 1999.
144. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para apresentação de trabalhos**. Curitiba: Ed. da UFPR, 1996.
145. ZEVI, Bruno. **Saber ver a arquitetura**. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

SUSTENTABILIDADE

Não há variação na ordem de preferências das ações a partir da variação de 10% do peso do critério sustentabilidade.

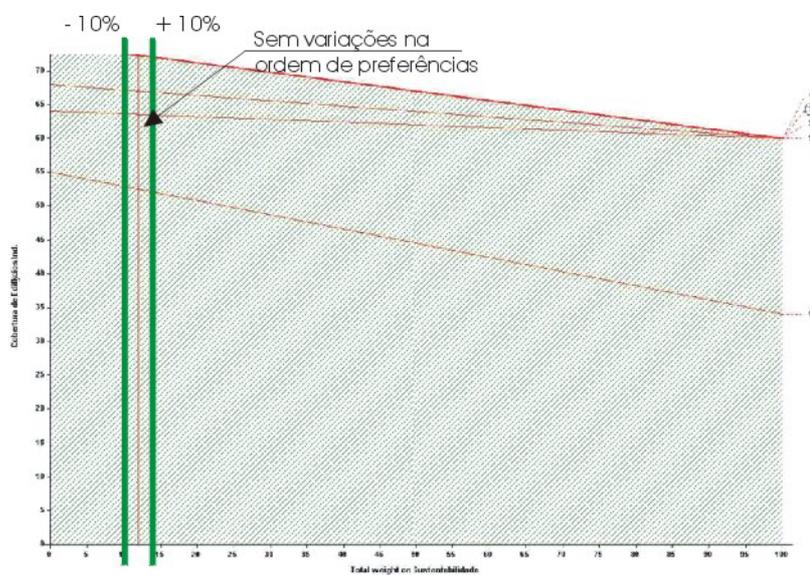


Figura 5.5– Análise de sensibilidade, variação no critério sustentabilidade.

ANEXO 06 – Análise de sensibilidade numérica

Tabela VI.1 – Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério custos + 10%.

Pesos Originais		
PVF 1	Custos	0,25
PVF 2	Ambiência	0,31
PVF 3	Propriedades	0,16
PVF 4	Racionalidade	0,16
PVF 5	Sustentabilidade	0,12
		1,00
Pesos modificados - Variação Custos -10%		
PVF 1	Custos	0,225
PVF 2	Ambiência	0,320
PVF 3	Propriedades	0,165
PVF 4	Racionalidade	0,165
PVF 5	Sustentabilidade	0,124
		1,000
Pesos modificados - Variação Custos +10%		
PVF 1	Custos	0,275
PVF 2	Ambiência	0,300
PVF 3	Propriedades	0,155
PVF 4	Racionalidade	0,155
PVF 5	Sustentabilidade	0,116
		1,000

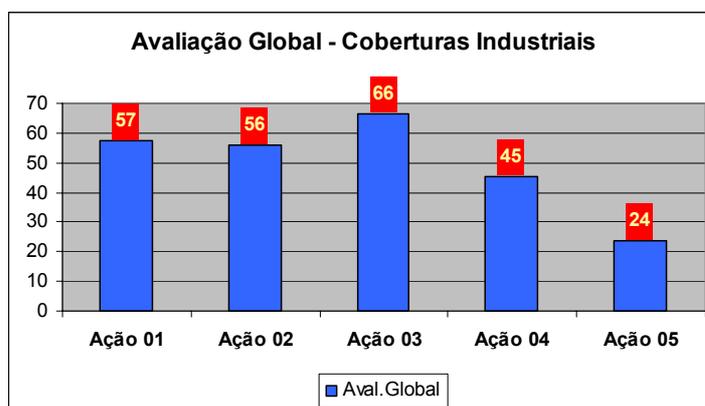


Figura 6.1– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério custos + 10% – Avaliação Global.

	PVF 01	PVF 02	PVF 03	PVF 04	PVF 05	Aval.Global	
Ação 01	18	22	10	4	4	57	2º
Ação 02	15	23	10	4	4	56	3º
Ação 03	15	33	10	4	4	66	1º
Ação 04	29	-1	10	4	4	45	4º
Ação 05	13	11	12	-18	5	24	5º

Tabela VI.2– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério custos -10%.

Pesos Originais		
PVF 1	Custos	0,25
PVF 2	Ambiência	0,31
PVF 3	Propriedades	0,16
PVF 4	Racionalidade	0,16
PVF 5	Sustentabilidade	0,12
		1,00
Pesos modificados - Variação Custos -10%		
PVF 1	Custos	0,225
PVF 2	Ambiência	0,320
PVF 3	Propriedades	0,165
PVF 4	Racionalidade	0,165
PVF 5	Sustentabilidade	0,124
		1,000
Pesos modificados - Variação Custos +10%		
PVF 1	Custos	0,275
PVF 2	Ambiência	0,300
PVF 3	Propriedades	0,155
PVF 4	Racionalidade	0,155
PVF 5	Sustentabilidade	0,116
		1,000

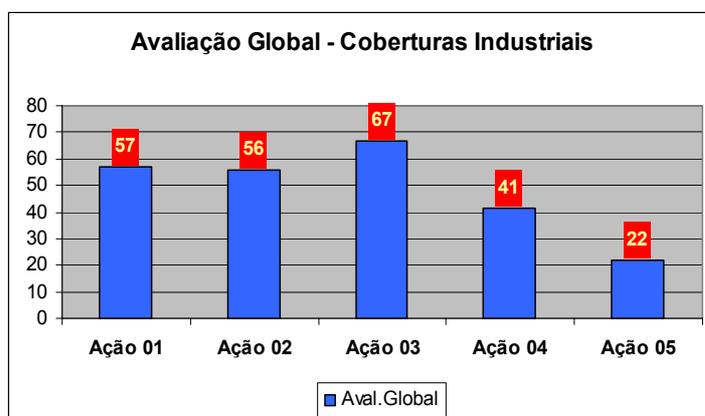


Figura 6.2– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério custos - 10% – Avaliação Global.

Tabela VI.3– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério custos -10%.

	PVF 01	PVF 02	PVF 03	PVF 04	PVF 05	Aval.Global	
Ação 01	14	23	11	4	5	57	2º
Ação 02	12	25	11	4	5	56	3º
Ação 03	12	35	11	4	5	67	1º
Ação 04	23	-1	11	4	5	41	4º
Ação 05	10	11	13	-19	6	22	5º

Tabela VI.4 e VI.5– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Ambiente -10%.

Pesos Originais		
PVF 1	Custos	0,25
PVF 2	Ambiência	0,31
PVF 3	Propriedades	0,16
PVF 4	Racionalidade	0,16
PVF 5	Sustentabilidade	0,12
		1,00
Pesos modificados - Variação Custos -10%		
PVF 1	Custos	0,25348
PVF 2	Ambiência	0,30039
PVF 3	Propriedades	0,16223
PVF 4	Racionalidade	0,16223
PVF 5	Sustentabilidade	0,12167
		1,00000
Pesos modificados - Variação Custos +10%		
PVF 1	Custos	0,239
PVF 2	Ambiência	0,341
PVF 3	Propriedades	0,153
PVF 4	Racionalidade	0,153
PVF 5	Sustentabilidade	0,115

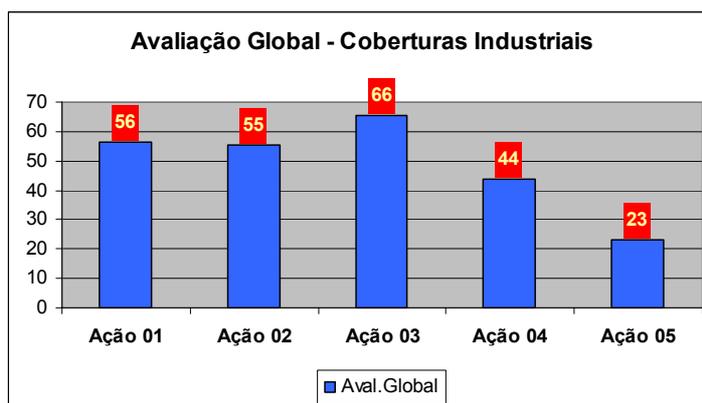


Figura 6.3– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Ambiente - 10% – Avaliação Global.

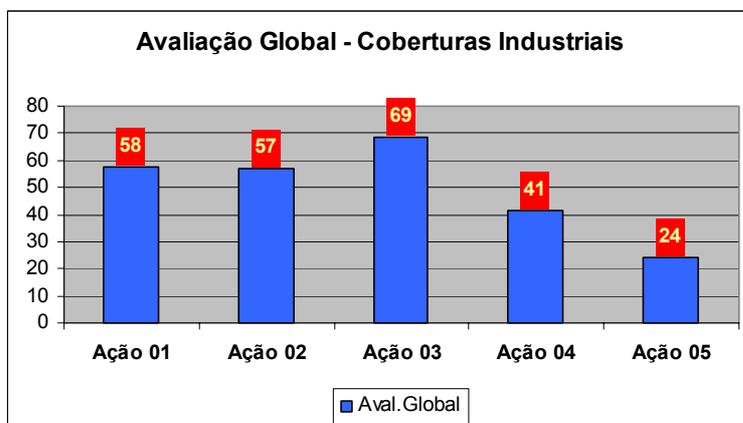
	PVF 01	PVF 02	PVF 03	PVF 04	PVF 05	Aval.Global	
Ação 01	16	22	10	4	4	56	2º
Ação 02	14	23	10	4	4	55	3º
Ação 03	14	33	10	4	4	66	1º
Ação 04	26	-1	10	4	4	44	4º
Ação 05	12	11	13	-17	5	23	5º

Tabela VI.6– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Ambiente +10%.

	PVF 01	PVF 02	PVF 03	PVF 04	PVF 05	Aval.Global	
Ação 01	15	25	10	4	4	58	2º
Ação 02	13	26	10	4	4	57	3º
Ação 03	13	38	10	4	4	69	1º
Ação 04	25	-2	10	4	4	41	4º
Ação 05	12	12	12	-17	5	24	5º

Tabela VI.7– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Ambiente +10%.

Pesos Originais		
PVF 1	Custos	0,25
PVF 2	Ambiência	0,31
PVF 3	Propriedades	0,16
PVF 4	Racionalidade	0,16
PVF 5	Sustentabilidade	0,12
		1,00
Pesos modificados - Variação Ambiente -10%		
PVF 1	Custos	0,25348
PVF 2	Ambiência	0,30039
PVF 3	Propriedades	0,16223
PVF 4	Racionalidade	0,16223
PVF 5	Sustentabilidade	0,12167
		1,00000
Pesos modificados - Variação Ambiente+10%		
PVF 1	Custos	0,239
PVF 2	Ambiência	0,341
PVF 3	Propriedades	0,153
PVF 4	Racionalidade	0,153
PVF 5	Sustentabilidade	0,115
		1,000



Figuras 6.4– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Ambiente + 10% – Avaliação Global.

Tabelas VI.8 e VI.9– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Propriedades +10%.

Pesos Originais		
PVF 1	Custos	0,25
PVF 2	Ambiência	0,31
PVF 3	Propriedades	0,16
PVF 4	Racionalidade	0,16
PVF 5	Sustentabilidade	0,12
		1,00
Pesos modif. - Variação Propriedades +10%		
PVF 1	Custos	0,245
PVF 2	Ambiência	0,304
PVF 3	Propriedades	0,176
PVF 4	Racionalidade	0,157
PVF 5	Sustentabilidade	0,118
		1,000
Pesos modif. - Variação Propriedades -10%		
PVF 1	Custos	0,255
PVF 2	Ambiência	0,316
PVF 3	Propriedades	0,144
PVF 4	Racionalidade	0,163
PVF 5	Sustentabilidade	0,122

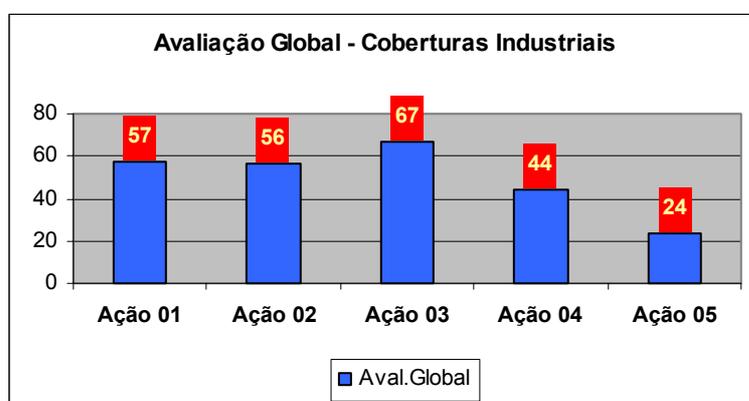


Figura 6.5– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Propriedades + 10% – Avaliação Global.

	PVF 01	PVF 02	PVF 03	PVF 04	PVF 05	Aval. Global	
Ação 01	16	22	11	4	4	57	2º
Ação 02	13	23	11	4	4	56	3º
Ação 03	13	34	11	4	4	67	1º
Ação 04	25	-1	11	4	4	44	4º
Ação 05	11	11	14	-18	5	24	5º

Tabelas VI.10 e VI.11– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Propriedades -10%.

Pesos Originais		
PVF 1	Custos	0,25
PVF 2	Ambiência	0,31
PVF 3	Propriedades	0,16
PVF 4	Racionalidade	0,16
PVF 5	Sustentabilidade	0,12
		1,000
Pesos modif. - Variação Propriedades +10%		
PVF 1	Custos	0,245
PVF 2	Ambiência	0,304
PVF 3	Propriedades	0,176
PVF 4	Racionalidade	0,157
PVF 5	Sustentabilidade	0,118
		1,000
Pesos modif. - Variação Propriedades -10%		
PVF 1	Custos	0,255
PVF 2	Ambiência	0,316
PVF 3	Propriedades	0,144
PVF 4	Racionalidade	0,163
PVF 5	Sustentabilidade	0,122
		1,000

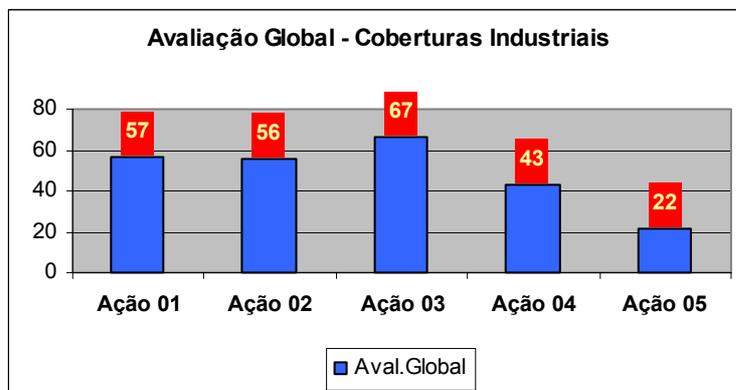


Figura 6.6– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Propriedades - 10% – Avaliação Global.

	PVF 01	PVF 02	PVF 03	PVF 04	PVF 05	Aval. Global	
Ação 01	16	23	9	4	5	57	2º
Ação 02	14	24	9	4	5	56	3º
Ação 03	14	35	9	4	5	67	1º
Ação 04	27	-1	9	4	5	43	4º
Ação 05	12	11	12	-18	5	22	5º

Tabela VI.12– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Racionalidade +10%.

Pesos Originais		
PVF 1	Custos	0,25
PVF 2	Ambiência	0,31
PVF 3	Propriedades	0,16
PVF 4	Racionalidade	0,16
PVF 5	Sustentabilidade	0,12
		1,00
Pesos modif. - Variação Propriedades +10%		
PVF 1	Custos	0,245
PVF 2	Ambiência	0,304
PVF 3	Propriedades	0,157
PVF 4	Racionalidade	0,176
PVF 5	Sustentabilidade	0,118
		1,000
Pesos modif. - Variação Propriedades -10%		
PVF 1	Custos	0,2556
PVF 2	Ambiência	0,3169
PVF 3	Propriedades	0,1636
PVF 4	Racionalidade	0,1413
PVF 5	Sustentabilidade	0,1227
		1,0000

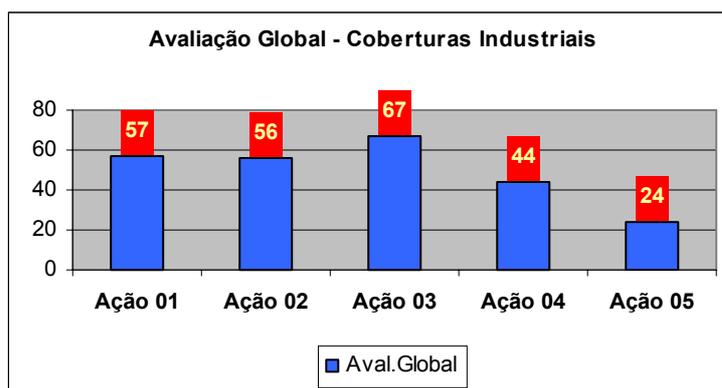


Figura 6.7– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Racionalidade + 10% – Avaliação Global.

Tabela VI.13– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Racionalidade -10%.

	PVF 01	PVF 02	PVF 03	PVF 04	PVF 05	Aval.Global	
Ação 01	16	22	10	4	4	57	2º
Ação 02	13	23	10	4	4	55	3º
Ação 03	13	34	10	4	4	66	1º
Ação 04	25	-1	10	4	4	42	4º
Ação 05	11	11	13	-20	5	20	5º

Tabelas VI.14 e VI.15– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Racionalidade -10%.

Pesos Originais		
PVF 1	Custos	0,25
PVF 2	Ambiência	0,31
PVF 3	Propriedades	0,16
PVF 4	Racionalidade	0,16
PVF 5	Sustentabilidade	0,12
		1,00
Pesos modif. - Variação Propriedades +10%		
PVF 1	Custos	0,245
PVF 2	Ambiência	0,304
PVF 3	Propriedades	0,157
PVF 4	Racionalidade	0,176
PVF 5	Sustentabilidade	0,118
		1,000
Pesos modif. - Variação Propriedades - 10%		
PVF 1	Custos	0,2556
PVF 2	Ambiência	0,3169
PVF 3	Propriedades	0,1636
PVF 4	Racionalidade	0,1413
PVF 5	Sustentabilidade	0,1227
		1,0000

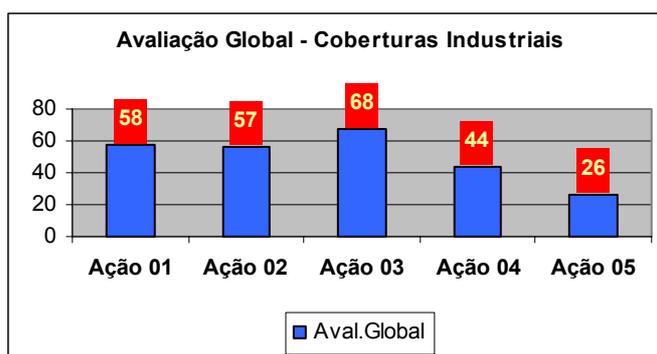


Figura 6.8– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Racionalidade - 10% – Avaliação Global.

	PVF 01	PVF 02	PVF 03	PVF 04	PVF 05	Aval.Global	
Ação 01	16	23	10	4	5	58	2º
Ação 02	14	24	10	4	5	57	3º
Ação 03	14	35	10	4	5	68	1º
Ação 04	27	-1	10	4	5	44	4º
Ação 05	12	11	13	-16	5	26	5º

Tabela VI.16– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Sustentabilidade +10%.

	PVF 01	PVF 02	PVF 03	PVF 04	PVF 05	Aval.Global	
Ação 01	16	22	10	4	5	57	2º
Ação 02	13	24	10	4	5	56	3º
Ação 03	13	34	10	4	5	66	1º
Ação 04	26	-1	10	4	5	43	4º
Ação 05	11	11	13	-18	6	23	5º

Tabela VI.17– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Sustentabilidade +10%.

Pesos Originais		
PVF 1	Custos	0,25
PVF 2	Ambiência	0,31
PVF 3	Propriedades	0,16
PVF 4	Racionalidade	0,16
PVF 5	Sustentabilidade	0,12
		1,00
Pesos modific. - Variação Sustentabil.+10%		
PVF 1	Custos	0,247
PVF 2	Ambiência	0,306
PVF 3	Propriedades	0,158
PVF 4	Racionalidade	0,158
PVF 5	Sustentabilidade	0,132
		1,000
Pesos modific. - Variação Sustentabil.-10%		
PVF 1	Custos	0,2538
PVF 2	Ambiência	0,3147
PVF 3	Propriedades	0,1624
PVF 4	Racionalidade	0,1624
PVF 5	Sustentabilidade	0,1068
		1,0000

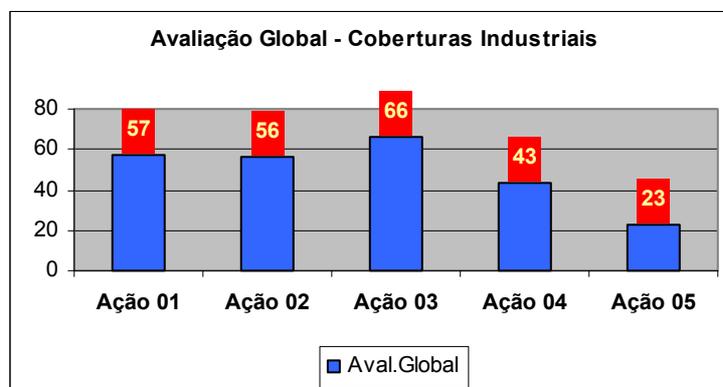
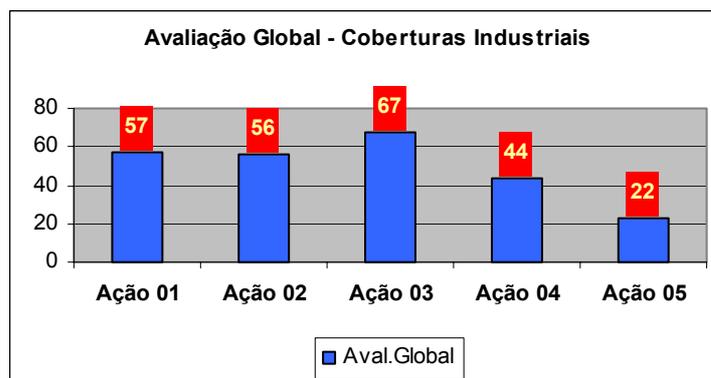


Figura 6.9– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Sustentabilidade + 10% – Avaliação Global.

Tabelas VI.18 e VI.19– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Sustentabilidade -10%.

Pesos Originais		
PVF 1	Custos	0,25
PVF 2	Ambiência	0,31
PVF 3	Propriedades	0,16
PVF 4	Racionalidade	0,16
PVF 5	Sustentabilidade	0,12
		1,00
Pesos modific. - Variação Sustentabil.+10%		
PVF 1	Custos	0,247
PVF 2	Ambiência	0,306
PVF 3	Propriedades	0,158
PVF 4	Racionalidade	0,158
PVF 5	Sustentabilidade	0,132
		1,000
Pesos modific. - Variação Sustentabil.-10%		
PVF 1	Custos	0,2538
PVF 2	Ambiência	0,3147
PVF 3	Propriedades	0,1624
PVF 4	Racionalidade	0,1624
PVF 5	Sustentabilidade	0,1068
		1,0000



Figuras 6.10– Análise de sensibilidade do modelo – variação do critério Sustentabilidade - 10% – Avaliação Global.

	PVF 01	PVF 02	PVF 03	PVF 04	PVF 05	Aval. Global	
Ação 01	16	23	10	4	4	57	2º
Ação 02	14	24	10	4	4	56	3º
Ação 03	14	35	10	4	4	67	1º
Ação 04	26	-1	10	4	4	44	4º
Ação 05	12	11	13	-18	5	22	5º