UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

A integração dos aspectos de conforto ambiental no projeto de escolas: uso da metodologia axiomática e de exemplos simplificados.

Valéria Azzi Collet da Graça

Campinas

2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

Valéria Azzi Collet da Graça

A integração dos aspectos de conforto ambiental no projeto de escolas: uso da metodologia axiomática e de exemplos simplificados.

Tese apresentada à comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, na área de concentração de Arquitetura e Construção.

Orientadora: Profa. Dra. Doris C.C.K.Kowaltowski

Campinas

2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Graça, Valéria Azzi Collet da
G753i A integração dos aspectos de conforto ambiental no projeto de escolas: uso da metodologia axiomática e de exemplos simplificados / Valéria Azzi Collet da Graça.-- Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientador: Doris Catharine Cornelie Knatz Kowaltowski
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. 2. 3. . I. Kowaltowski, Doris Catharine Cornelie Knatz. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Integration of environmental comfort aspects in school design: use of axiomatic design method and simplified design examples
Palavras-chave em Inglês: Environmental comfort, Design methodology, school design, Design education
Área de concentração: Arquitetura e Construção
Titulação: Doutor em Engenharia Civil
Banca examinadora: Lea C. L de Souza, Lucila C. Labaki, João R. D. Petreche, Silvia M. G. Pina
Data da defesa: 30/01/2008
Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

A integração dos aspectos de conforto ambiental no projeto de escolas: uso da metodologia axiomática e de exemplos simplificados.

Valéria Azzi Collet da Graça

Tese de doutorado aprovada pela banca examinadora, constituída por:

Profa. Dra. Doris C.C.K.Kowaltowski
Presidente e Orientador / UNICAMP

Profa. Dra. Léa C. L de Souza
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Profa.Dra. Lucila C. Labaki
Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. João R. D. Petreche
Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Silvia M. G. Pina
Universidade Estadual de Campinas

Campinas, 30 de janeiro de 2008

Dedicatória

Para Mariana e Amanda, minhas filhas queridas, que participaram ativamente desta pesquisa, algumas vezes sendo expulsas do computador e muitas vezes me lembrando que a vida é um contínuo processo de aprendizado e que uma pequena pausa com um simples sorriso é suficiente para enfrentar os desafios.

Para Orlando, meu marido, que me incentivou em todos os momentos.

Para Antonio e Renata, meus pais, pela educação, eterno companheirismo e amor incondicionais.

Agradecimentos

A Profa. Dra. Doris, pela orientação, incentivo e eterna coragem para enfrentar desafios.

Ao Prof. Dr. Petreche, por me transmitir muita paz e segurança.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo pelo incentivo a Pesquisa.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Coordenador da Área de Construção Civil do CEFET-SP, pela confiança e coragem de sempre aceitar e propor inovações.

Aos professores doutores Stelamaris Rolla Bertolli, Lucila Chebel Labaki e Paulo Scarazzato porque sempre colaboraram pelo simples fato de serem pessoas maravilhosas.

Resumo

GRAÇA, Valéria A.C. **A integração dos aspectos de conforto ambiental no projeto de escolas: uso da metodologia axiomática e de exemplos simplificados**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP, 2008. 272p. Tese (doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, 2008.

Avaliações pós-ocupação de prédios escolares constatam problemas no ambiente construído fruto de definições realizadas durante a fase de estudo preliminar, quando são tomadas decisões referentes à implantação do projeto como um todo. Estes problemas refletem o desconforto do ambiente educacional, tanto nas áreas administrativas, como nas áreas pedagógicas. Alguns dos problemas que dificultam ou influenciam as atividades pedagógicas se referem a aspectos de conforto ambiental. Neste tema podem-se destacar três subáreas: conforto acústico, conforto térmico e conforto visual. Cada subárea possui um campo de conhecimento específico (distinto) e se utiliza de métodos (de avaliação, de desempenho, de decisão, entre outros) e de dialetos próprios, pode-se dizer que existem especialistas que as desenvolvem. Recomenda-se que, durante o processo de projeto de prédio escolar, a avaliação de aspectos de conforto ambiental seja feita por estes especialistas. Os projetos de prédios escolares da rede estadual de São Paulo são regulamentados e supervisionados pela Fundação de Desenvolvimento Educacional (FDE), que fornece o programa arquitetônico e documentação padronizada aos arquitetos que desenvolvem os projetos. Esta pesquisa verificou como é realizado este processo sistematizado de projeto, através da pesquisa junto aos escritórios de arquitetura, e observou que os aspectos de conforto ambiental não são tratados como princípios de projeto, que o produto arquitetônico (a edificação) é fruto da união de várias áreas e subáreas, sendo

que a integração de conforto térmico, acústico e visual carece de uma maior sistematização.Propôs-se para amenizar os problemas de implantação de salas de aula, a elaboração e aplicação de exemplos simplificados, que descrevem possíveis configurações de salas de aula para o projeto de prédio escolar, avaliados por especialistas de cada área (conforto térmico, acústico e visual). Optou-se por trabalhar com a avaliação de especialistas para uma conceituação específica. Para a integração dos aspectos de conforto ambiental, se propôs a aplicação da metodologia de projeto axiomático no desenvolvimento de estudo preliminar de projeto para escola de Ensino Fundamental e Médio do Estado de São Paulo, Brasil. Estas duas aplicações foram desenvolvidas na disciplina de projeto do curso de tecnologia em construção civil ministrado no CEFET-SP (Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo). Os resultados se mostraram interessantes uma vez que despertou nos alunos, entre outros, a importância de aspectos de conforto ambiental, do gerenciamento de informação e do trabalho em equipe. A metodologia de projeto axiomático permitiu o reconhecimento, por parte dos alunos, das interferências de diferentes campos de estudo. Os exemplos de soluções foram utilizados na tomada de decisão, ora como restrição de projeto, ora como diretriz de projeto. O estudo de caso no ensino de projeto indica a possibilidade do uso de exemplos simplificados e da metodologia de projeto e axiomático ao ambiente profissional junto ao FDE.

Palavras Chaves: conforto ambiental; metodologia de projeto; projeto de escolas; ensino de projeto.

Abstract

The post-occupation-evaluations of school buildings in the State of São Paulo show that most schools have problems caused by decisions made at the preliminary design stage. These problems particularly cause discomfort to users in educational and administrative areas of the schools. Many environmental comfort (thermal, acoustic and lighting) problems affect pedagogical activities. Each comfort sub-area possesses its specific and distinct knowledge and uses its own methods for evaluation, performance measurement and design decision making. Due to the specificity of each environmental comfort experts are recommended to judge aspects of comfort in school building design. This theses presents the results of a research project which applied the use of simplified design examples, evaluated by experts of environmental comfort, and the axiomatic design method, to a preliminary design exercise of a primary school building for the State of São Paulo, Brazil. The exercise was developed in a design discipline of a civil construction technology course of CEFET-SP (Centro Federal de Educação de Tecnológica de São Paulo). Public school buildings in the State of São Paulo are regulated by a foundation FDE (Fundação de Desenvolvimento Educacional), which provides standardized documentation to professional designers. School designs are based on fixed architectural program information and the design process is supervised by FDE. Easy access to school buildings, the design team and documentation facilitated post-occupancy evaluations. These factors were important in the choice of the design exercise. Simplified examples of design solutions, evaluated by specialists of each area (thermal, acoustic and visual comfort) were developed to describe classroom configuration possibilities in school building design. Expert evaluation was introduced to enrich the typical professional design methods, devoid of comfort simulations or calculations, of school buildings projects supervised by FDE. Analysis of the FDE design

method also showed that environmental comfort is only regarded superficially by indicated professionals and the axiomatic design method was considered an important introduction for systemization of design information into the creative design process. To test both the importance of the expert evaluated simplified design examples and the use of the axiomatic methods in the design process of school buildings a teaching experience was conducted in the civil construction course of CEFET-SP) in one of its design disciplines. The results showed that students as teams, quickly learned to assimilate the importance of environmental comfort in school building design, coming from the simplified examples. They were able through the use of the axiomatic design method to manage, at times conflicting, information in their design process.

Keywords: environmental comfort, design methodology, school design; design education

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 19
2 OBJETIVOS 27
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... 29
3.1 Escalas 30
3.2 Possibilidades estatísticas..... 44
3.3 Teoria da aprendizagem significativa e o uso de exemplos e da metodologia axiomática..... 47
3.4. Metodologia de projeto axiomático 58
3.5. Funções e definições do conforto ambiental..... 70
3.5.1 Funções e definições do conforto acústico 70
3.5.2 Funções e definições do conforto térmico 74
3.5.3 Funções e definições do conforto visual 79
3.6 Processo de projeto realizado pela Fundação de Desenvolvimento Educacional (FDE) e alguns escritórios de arquitetura..... 82
3.6.1 Fases de projeto indicadas pela Fundação de Desenvolvimento Educacional86
3.6.2 Fases de projeto analisadas pela Fundação de Desenvolvimento Educacional e as especificações que afetam as funções de conforto térmico, acústico e visual. 96

3.6.3 Alguns exemplos de projeto realizados com o processo de projeto da FDE 100
3.7 Otimização de projeto 107
4 METODOLOGIA E RESULTADOS..... 113
4.1 Fases de projeto de escolas realizadas por escritórios de arquitetura e definições de conforto ambiental (acústico, térmico e visual) 116
4.2 Análise estatística das variáveis de projeto (exemplos de soluções)..... 127
4.2.1 Variáveis de projeto avaliadas por especialistas..... 127
4.2.1.1 Variáveis de projeto avaliadas por especialistas de conforto acústico (GRAÇA, 2002b)..... 128
4.2.1.2 Variáveis de projeto avaliadas por especialistas de conforto térmico (GRAÇA, 2002b)..... 131
4.2.1.3 Variáveis de projeto avaliadas por especialistas de conforto visual (GRAÇA, 2002b)..... 136
4.2.2 Análise da concordância do conjunto de respostas dos especialistas..... 142
4.2.2.1 Análise das respostas dos especialistas de conforto acústico 144
4.2.2.2 Análise das respostas dos especialistas de conforto térmico..... 149
4.2.2.3 Análise das respostas dos especialistas de conforto visual..... 150
4.2.3 Análise da qualificação de cada variável de projeto. 152
4.2.4 Tratamento das variáveis de projeto com qualificação diferenciada 159
4.2.4.1 Tratamento das variáveis de projeto com qualificação diferenciada de conforto acústico..... 159
4.2.4.2 Tratamento das variáveis de projeto com qualificação diferenciada de conforto térmico 161
4.2.4.3 Tratamento das variáveis de projeto com qualificação diferenciada de conforto Visual..... 168
4.3- Aplicação de exemplos de soluções e de metodologia de projeto no ensino de projeto..... 174

4.3.1 Desenvolvimento de estudo preliminar 175
4.3.1.1 Descrição da componente curricular (disciplina CPCC3) 175
4.3.1.2 Descrição das atividades desenvolvidas na disciplina CPCC3..... 181
4.3.2 Avaliação da aplicação de exemplos simplificados e da metodologia de projeto. 213
4.3.2.1 Avaliação comparativa dos estudos e do projeto existente..... 213
4.3.2.2.Avaliação da componente curricular feita pelos alunos 219
5-CONSIDERAÇÕES FINAIS 229
Referências 233
Anexo 1: Apresentação da metodologia de projeto..... 241
Anexo 2: Seminário quem sou eu 247
Anexo 3: Relatório de Visita Técnica 259
Anexo 4: Questionário de avaliação 269

Lista de Figuras

Fig. 1 Qualificação das configurações de implantação de salas de aula GRAÇA (2002). 24
Fig. 3.1.1 Exemplos de escalas de avaliação gráfica (MATTAR, 1996) 36
Fig. 3.1.2 Exemplos de escala de avaliação verbal 36
Fig. 3.1.3 Exemplo de diferencial semântico (MATTAR, 1996 p.94). 38
Fig 3.1.4 Exemplo de escala de Stapel (MATTAR, 1996 p.95)..... 39
Fig. 3.3.1 Estrutura da aprendizagem (FARIA, 1989)..... 48
Fig. 3.3.2A Contínuo na modalidade de aprendizagem por recepção (FARIA,1989)50
Fig. 3.3.2B Contínuo na modalidade de aprendizagem por descoberta (FARIA,1989)50
Fig. 3.3.3 Representação esquemática de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa (MOREIRA e MASINI,1982, NOVAK,1981). 57
Fig. 3.4.1 Processo de projeto axiomático (GRAÇA, 2002a)..... 62
Fig. 3.4.2 Exemplo de projeto desacoplado 64
Fig. 3.4.3 Diagrama de junção e de fluxo do projeto desacoplado 65
Fig. 3.4.4 Exemplo de projeto acoplado 65
Fig. 3.4.5 Exemplo de projeto desacoplável..... 66
Fig. 3.4.6 Diagrama de junção e de fluxo do projeto desacoplável..... 66
Fig. 3.5.1.1: Funções e parâmetros de conforto acústico para escolas 72

Fig. 3.5.2.1 Funções e Parâmetros do conforto térmico..... 78
Fig.3.5.3.1 Funções e Parâmetros do conforto visual..... 81
Fig. 3.6.1. Fases de projeto descritas por FAIA, 2005..... 83
Fig. 3.6.2 Modelo geral de projeto baseado em LANG (1987) e BARROSO-KRAUSE(1998)..... 83
Fig. 3.6.3. Fluxo geral de etapas do desenvolvimento de projeto (adaptado de CTE, 1998 apud FABRÍCIO, BAÍA e MELHADO,1998)..... 84
Fig. 3.6.4. O modelo de Asimow (baseado em Rowe, 1987)..... 84
Fig.3.6.1.1 Programa arquitetônico (FDE,2003)..... 87
Fig. 3.6.2. 1 Itens analisados pela FDE e o projeto de acústica 98
Fig. 3.6.2.2 Itens analisados pela FDE e o projeto térmico..... 99
Fig. 3.6.2.3 Itens analisados pela FDE e o projeto de conforto visual..... 99
Fig.3.6.3.1 Escola Estadual em Campinas projetada por André Vainer e Guilherme Paoliello..... 102
Fig. 3.6.3.2 Escola estadual Jardim Umuarama..... 105
Fig. 4.2.1.1.1 Variáveis de projeto para conforto acústico. 129
Fig. 4.2.1.1.2 Qualificação das variáveis de conforto acústico feita pelos especialistas 130
Fig. 4.2.1.2.1 Configurações das salas de aula e suas aberturas. 133
Fig.4.2.1.2.2 Posições das orientações e direção dos ventos predominantes 134
Fig. 4.2.1.2.3 Qualificação das variáveis de conforto térmico feita pelos especialistas 135
Fig. 4.2.1.3.1 Variáveis de projeto para conforto visual 139
Fig. 4.2.1.3.2. Qualificação das variáveis de conforto visual realizada pelos especialistas..... 141
Fig. 4.2.2.1.1 Respostas dos especialistas de conforto acústico 145
Fig. 4.2.2.1.2 Qualificação das variáveis de conforto acústico do quarto especialistas 146

Fig. 4.2.2.1.3 Respostas dos quatro especialistas de conforto acústico. 147
Fig. 4.2.2.1.4 Respostas dos especialistas 1 e 4 de conforto acústico. 148
Fig. 4.2.2.2.1 Respostas dos especialistas de conforto térmico..... 149
Fig. 4.2.2.3.1 Respostas dos especialistas de conforto visual..... 151
Descrição..... 178
Fig.4.3.1.2.1 Escola Estadual projetada por Angelo Bucci e Álvaro Puntoni 184
Fig. 4.3.1.2.2 Fluxograma do subgrupo de conforto acústico..... 189
Fig. 4.3.1.2.3 Fluxograma do subgrupo de conforto térmico 191
Fig. 4.3.1.2.4 Fluxograma do subgrupo de conforto visual 193
Fig. 4.3.1.2.5 Fluxograma do subgrupo de conforto funcional..... 194
Fig. 4.3.1.2.6 Fluxograma do subgrupo de instalações elétricas 195
Fig. 4.3.1.2.7 Fluxograma do subgrupo de instalações hidráulicas 196
Fig. 4.3.1.2.8 Fluxograma do subgrupo de estrutura..... 197
Fig. 4.3.1.2.9 Diagrama de fluxo de projeto..... 205
Fig. 4.3.1.2.10 Estudo preliminar 1 207
Fig. 4.3.1.2.11 Estudo preliminar 2..... 208
Fig. 4.3.1.2.12 Estudo preliminar 3..... 209

Lista de Tabelas

Tab 3.1.1 Síntese das escalas de mensuração.....33
Tab. 3.1.2 Exemplo de escala de Thurstone, traduzida de TROCHIM (2002) 41
Tab. 3.1.3 Exemplo de escala Likert, traduzida de TROCHIN (2002).....42
Tab. 3.1.4 Exemplo de escala de Guttman, traduzida de TROCHIN (2002).....43
Tab. 3.2.1: Características das Escalas Básicas de Medição baseada em MATTAR (1996), BUSSAB e MORETTIN (2003) e MORCILLO (2003).....45
Tab. 3.2.2. Possibilidades de uso de testes não paramétricos baseada em BUSSAB e MORETTIN, 2003, MORCILLO, 2003; LOWRY, 2005. 46
Tab. 3.6.2.1. Influência no conforto ambiental dos itens analisados ou definidos pela FDE em cada fase de projeto. 97
Tab. 3.6.3.1 Avaliação da Escola Estadual de Campinas 103
Tab. 3.6.3.2 Avaliação da Escola Estadual Jardim Umuarama.....106
Tab. 4.1.1 Modelo de pesquisa realizada nos escritórios de arquitetura.....118
Tab. 4.1.2 Respostas de escritórios de arquitetura das fases de projeto e especificações de conforto. 120
Tab. 4.1.3 Fases de projeto e especificações (parâmetros) de conforto térmico, acústico e visual. 124
Tab. 4.1.4 Maneiras de especificar o projeto de escritórios de arquitetura 125
Tabela 4.2.1.1.1 Quantificação das variáveis acústicas de projeto.....130
Tab. 4.2.1.2.1.Zoneamento bioclimático para o estado de São Paulo (baseado em NBR15220-3/2005) 131
Tab. 4.2.1.2.2 Estratégias do zoneamento bioclimático para o estado de São Paulo (baseado em NBR15220-3/2005).....132

Tab. 4.2.1.2.3 Grau de Pertinência das variáveis de projeto para conforto térmico 136
Tab. 4.2.1.3.1.Grau de Pertinência das variáveis de projeto para conforto visual...142
Tab. 4.2.2.1 Possibilidades estatísticas de acordo com a escala utilizada. 143
Tab. 4.2.2.1.1 Análise das respostas dos especialistas de conforto acústico par a par. 145
Tab. 4.2.2.1.2 Análise das respostas dos especialistas de conforto acústico par a par. 148
Tab. 4.2.2.2.1 Análise das respostas dos especialistas de conforto térmico par a par.150
Tab. 4.2.2.3.1 Análise das respostas dos especialistas de conforto visual par a par151
Tab.4.2.3.1 Exemplo de variável qualificada como diferenciada.....153
Tab.4.2.3.2 Exemplo de variável qualificada como semelhante e com precisão.....153
Tab.4.2.3.3 Exemplo de variável qualificada como semelhante e com precisão prejudicada.....154
Tab.4.2.3.4 Indicador de qualificação das respostas dos especialistas para as variáveis de projeto. 154
Tab.4.2.3.5 Qualificação das variáveis de conforto visual.....156
Tab.4.2.3.6 Qualificação das variáveis de conforto térmico. 157
Tab.4.2.3.7 Qualificação das variáveis de conforto acústico.....158
Tab.4.2.4.1.1 Questionário de entrevista à especialista de conforto acústico.....160
Tab. 4.2.4.1.2 Plano Fatorial de conforto acústico 160
Tab. 4.2.4.1.3 Respostas dos especialistas de acústica ao plano fatorial.....161
Tab.4.2.4.2.2 Plano Fatorial de conforto térmico.....164
Tab. 4.2.4.2.3 Respostas dos especialistas de conforto térmico ao plano fatorial ..166
Tab. 4.2.4.2.4 Qualificação das variáveis de conforto térmico após o plano fatorial.167
Tab.4.2.4.3.1 Questionário de entrevista à especialista de conforto visual.....169
Tab.4.2.4.3.2 Plano Fatorial de conforto visual 171
Tab. 4.2.4.3.3 Respostas dos especialistas de conforto visual ao plano fatorial.....173
Tab. 4.2.4.3.4 Qualificação das respostas de conforto visual após o plano fatorial 174
Tab. 4.3.1.1.1 Programa de ensino 178
Tab. 4.3.1.1.2 Avaliação dos saberes da componente curricular CPCC3.....179

Tab. 4.3.1.1.3 Planejamento de atividades. 180
Tab. 4.3.1.1.4 Motivos de escolha do curso 181
Tab. 4.3.1.1.5 Experiência profissional 181
Tab. 4.3.1.1.6: Formação escolar.....181
Tab. 4.3.1.2.1. Matriz de projeto realizada pelos alunos 199
Tab. 4.3.1.2.2. Equações de projeto 200
Tab 4.3.1.2.3. Equações de projeto simplificadas. 201
Tab. 4.3.1.2.4. Matriz de projeto simplificada e realizada pelos alunos 202
Tab. 4.3.1.2.5 Avaliação dos três estudos 212
Tab. 4.3.2.1.1 Avaliação projeto existente 214
Tab. 4.3.2.1.2 Avaliação do estudo preliminar 1 215
Tab. 4.3.2.1.3 Avaliação do Estudo Preliminar 2.....216
Tab. 4.3.2.1.4 Avaliação do Estudo Preliminar 3.....217
Tab. 4.3.2.1.5 Síntese de avaliação dos estudos preliminares e do projeto existente218
Tab. 4.3.2.2.1 Avaliação feita pelos alunos do uso de exemplos de soluções.....221
Tab. 4.3.2.2.2 Base conceitual das perguntas sobre aplicação da metodologia baseado em ANDERSON et al, (2001) e WAAL P.e TELLES M. A (2004).....222
Tab. 4.3.2.2.3 Avaliação feita pelos alunos do uso da metodologia de projeto axiomático 223
Tab. 4.3.2.2.4 Avaliação feita pelos alunos da visita técnica 225
Tab. 4.3.2.2.5 Avaliação feita pelos alunos do tempo das atividades 226
Tab. 4.3.2.2.6 Avaliação feita pelos alunos do mapeamento de projeto 227

1 INTRODUÇÃO

Avaliações pós-ocupação de prédios escolares permitem constatar que existem problemas no ambiente construído, fruto de definições realizadas durante a fase de estudo preliminar, quando são tomadas decisões referentes à implantação do projeto como um todo. Estes problemas refletem o desconforto do ambiente educacional, tanto nas áreas administrativas, como nas áreas pedagógicas.

Observa-se que os problemas de implantação das áreas pedagógicas, principalmente o local destinado às salas de aula, afetam um grande número de pessoas, prejudicam a função principal da escola e acarretam grandes custos para a correção, uma vez que englobam diversos ambientes e grandes áreas construídas.

Os principais problemas de implantação de salas de aula se relacionam às questões de conforto ambiental, entre eles pode-se citar: ofuscamento do plano de trabalho, nível de pressão sonora e tempo de reverberação superior ao recomendado, desconforto térmico no período da manhã no inverno e no período da tarde no verão e insolação direta sobre os alunos, entre outros (KOWALTOWSKI ET AL, 2001).

Estes problemas de desconforto ambiental prejudicam a aprendizagem de diversas maneiras. Esta relação, entre ambiente construído e aprendizagem, vem sendo objeto de estudo de vários autores. O texto de Schneider (2002) sintetiza as pesquisas nesta área e divide os problemas em seis categorias: **qualidade do ar, ventilação e conforto térmico; iluminação; acústica; qualidade, estética e idade do prédio; tamanho da escola e tamanho da sala.** A ciência consegue associar a

qualidade do ar, ventilação e conforto térmico, iluminação e a acústica com a aprendizagem. As pesquisas nestas áreas geralmente são focadas em um fator que

pode ser medido (temperatura, umidade, nível de pressão sonora, níveis de iluminação, velocidade do ar).

Nas outras áreas (estética ou qualidade formal e visual da edificação e idade do prédio; tamanho da escola e tamanho da sala) observa-se que as variáveis são multidimensionais, sendo mais difícil de isolar suas medidas, identificar seus conceitos e verificar seus efeitos com acurácia. A principal medida de seus efeitos é realizada através de aplicação de testes padronizados e pode-se dizer que a maioria das pesquisas é inconclusiva.

Associa-se que a qualidade ruim do ar provoca doenças que ausentam os alunos da escola, o que prejudica o desempenho. Os efeitos da má qualidade do ar se referem à: irritação nos olhos, infecções nas vias aéreas superiores, náusea, fadiga ou sonolência, dor de cabeça e vertigem. Estes sintomas são definidos como "*sick building syndrome*" pela Environmental Protection Agency (EPA, 2000).

A ventilação tem como função a remoção ou diluição de agentes de contaminação oriundos principalmente da respiração, do suor, das roupas, de perfumes, desodorantes, xampus, materiais de limpeza, material de construção ou do ar poluído externo. Uma ventilação ruim provoca o aumento do dióxido de carbono vindo da respiração, o que provoca dor de cabeça, sonolência, e falta de concentração. A ventilação inadequada dos ambientes de trabalho contribui na maioria dos problemas da qualidade do ar e está associada aos sintomas do "*sick building syndrome*" (NIOSH, 1989).

Pode-se dizer que as variáveis de conforto térmico, tais como, temperatura e umidade, afetam a qualidade do ar de maneira significativa, porque a presença de bactérias e fungos depende destes dois fatores. Algumas pesquisas mostram que o desempenho, para atividades de raciocínio (matemática) e leitura, é melhor em salas

com níveis moderados de umidade (quarenta a setenta por cento) e temperatura (entre 20 e 23.3 graus Celsius). (Harner 1974, Wyon, Anderson e Lundqvist, 1979 apud SCHNEIDER ,2002).

A maioria das pesquisas mostra que o conforto visual afeta o desempenho dos alunos. Verificou-se que uma iluminação adequada melhora os resultados nos testes e reduz a distração nas atividades. Além das questões relacionadas à economia de energia, existe um consenso de que a luz natural proporciona uma condição melhor de iluminação (Phillips, 1997; Mayron et al. 1974; Dunn et al 1985, Jago e Tanner, 1999, apud SCHNEIDER (2002), BENYA, 2001; FAIA, 2005). Um estudo de HESCHONG MAHONE GROUP (1999) mostrou que os alunos, que estudam em salas de aula com maior incidência de luz natural, progrediram mais nos testes de matemática e de leitura quando comparados a alunos que estudaram em salas com menor quantidade de luz natural.

No conforto acústico é verificado que o melhor desempenho dos alunos está associado às escolas que possuem menor ruído externo e que quanto maior o ruído externo maior a quantidade de alunos insatisfeitos com suas salas de aula, e mais ainda, que o excesso de ruído causa absenteísmo e ansiedade (Earthleman e Lemasters, 1998 apud SCHNEIDER, 2002). Além disso, pesquisadores conseguiram associar o nível de ruído na sala de aula com a habilidade de leitura, fala, comportamento, atenção, concentração e pressão sanguínea. O nível de ruído alto também pode induzir os sentimentos de incapacidade (Crandell et al, 1995; Fisher, 2000 apud SCHNEIDER 2002; ASHA, 1995.).

Os projetos arquitetônicos de escola da rede estadual de São Paulo são realizados pela Fundação de Desenvolvimento Educacional (FDE) através de projeto padrão ou através de contrato de serviços para projetos específicos. Neste contexto, o projeto padrão vem sendo substituído por projetos específicos, uma vez que a maioria dos terrenos não comporta mais este tipo de projeto. Os projetos arquitetônicos específicos seguem as diretrizes constantes em catálogos de especificação da edificação escolar (FDE, 2003). A partir destas diretrizes e mais ainda, da padronização

dos ambientes, o projetista organiza o espaço dentro de um determinado terreno considerando a legislação local vigente.

A padronização gerou uma metodologia de avaliação baseada em *checklist* elaborado pela FDE que considera um projeto apto como aquele que atende às restrições, diretrizes e padronização dos catálogos. Observa-se que nem sempre um projeto que atenda esta metodologia de avaliação soluciona os problemas relacionados ao conforto térmico, acústico e visual, uma vez que esta avaliação é restrita a alguns temas, ou seja, o *checklist* não está completo ou suficiente.

Nota-se que o projetista usa pouco material de referência enquanto cria a forma (KOWALTOWSKI e LABAKI,1993; CHVATAL et al, 1997, 1998). Outras formas de avaliação de projeto que incluam a participação da comunidade, a avaliação pós-ocupação, as simulações, a avaliação do desempenho ambiental dos edifícios, ficam a critério da equipe de projeto de cada escritório contratado e são raramente aplicadas ao projeto, visto que, no mínimo, implicam um maior custo para o escritório.

A avaliação de projetos fornece critérios para o bom desempenho de alguns aspectos da edificação. Assim, quando existem estes critérios, o projetista pode utilizá-los para a tomada de decisão durante o processo de projeto. Quando existem pelo menos duas alternativas que passaram pelos métodos de avaliação como sendo aptas a serem escolhidas, a tomada de decisão será feita através de métodos que englobam atribuição de valores, otimização ou pela decisão por conveniência através do consenso entre as pessoas envolvidas, quer o grupo de usuários, profissionais e especialistas ou o grupo sócio, econômico e político.

O processo global de projeto envolve muitas variedades de procedimentos. Acredita-se que a análise e avaliação de projetos podem contribuir de forma significativa para melhoria de conforto acústico, visual e térmico de escolas, ressaltando-se que há a necessidade de se desenvolver métodos específicos de avaliação focados nestes três aspectos. Neste sentido, esta pesquisa contribui através da elaboração de exemplos simplificados (de implantação de salas de aula) avaliados

por especialistas, que podem auxiliar o projetista na tomada de decisão no início do processo de projeto arquitetônico de escolas.

As avaliações de funcionalidade não serão abordadas nesta pesquisa. A maioria destas avaliações são preparadas e executadas por pesquisadores que possuem aprofundamento nas ciências sociais (JONG e VOORDt, 2002). Estas avaliações geralmente englobam métodos com a participação do usuário atual (no caso de avaliações pós-uso) ou futuro (no caso de avaliação pré-projeto) e dos envolvidos no processo de projeto com o objetivo de se medir ou prever metas formuladas no programa de necessidades. No caso das escolas estaduais de São Paulo, os programas de necessidades para novas edificações são fornecidos pela FDE e, até o momento, não se tem a participação do usuário final. Somente por este fato, percebe-se que também neste tema há a necessidade de maior pesquisa, uma vez que se pode dizer que a avaliação funcional fica prejudicada.

Nesta pesquisa consideram-se como ponto de partida para a apresentação de exemplos simplificados, a análise e avaliação de projetos arquitetônicos de escolas de ensino fundamental e médio no estado de São Paulo, realizado por GRAÇA (2002). A qualificação das configurações de implantação de salas de aula se deu através da aplicação de questionário a três especialistas da área de cada conforto (térmico, acústico e visual) baseado numa escala de cinco pontos (ótimo, muito bom, bom, ruim, péssimo), como verificado em alguns exemplos da figura 1.

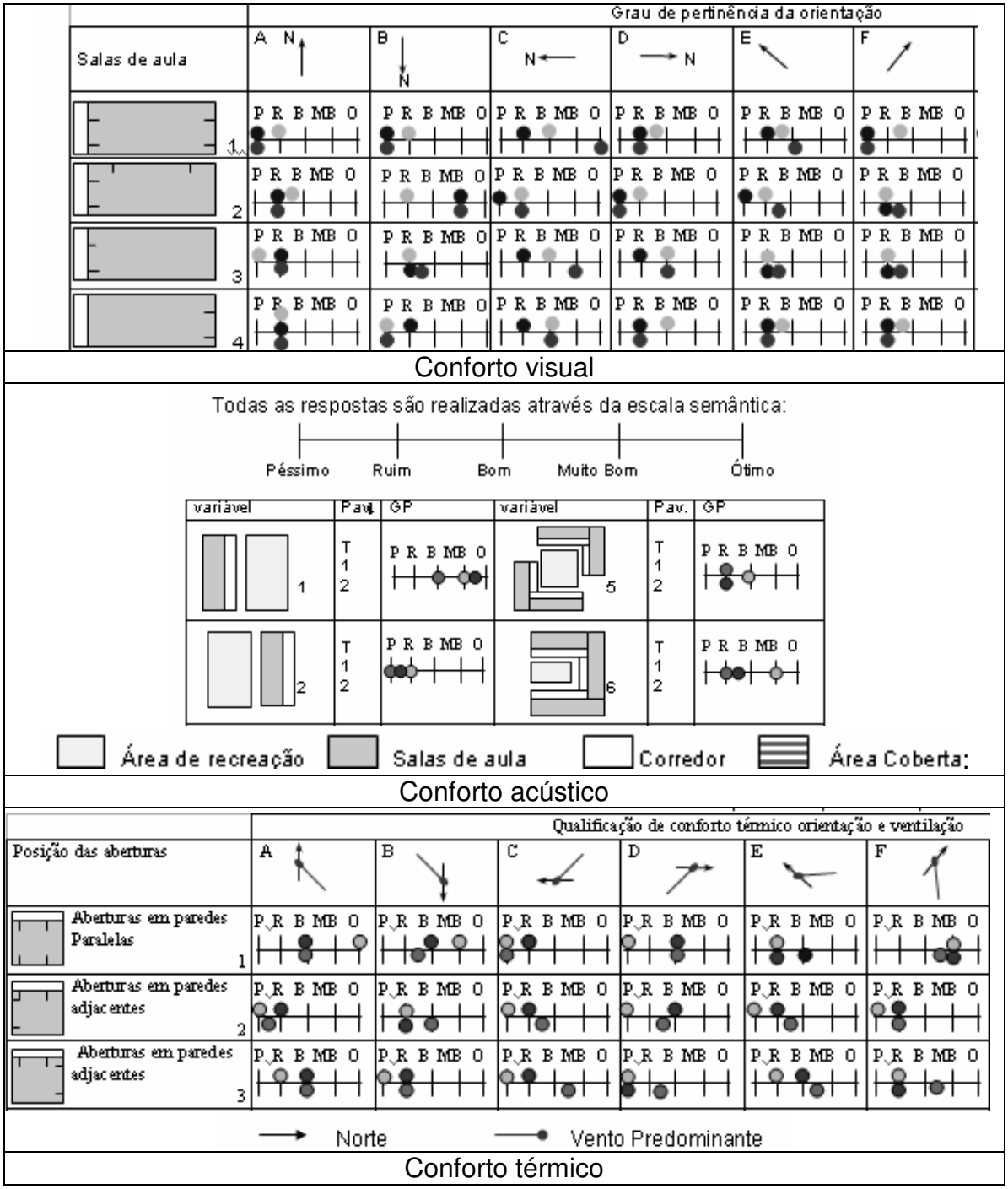


Fig. 1 Qualificação das configurações de implantação de salas de aula GRAÇA (2002).

Observa-se que as avaliações das variáveis de projeto feita pelos especialistas caracterizaram-se por duas posições: primeiro, existem variáveis com avaliações similares, caracterizadas por repostas dos especialistas com desvio padrão próximo do valor zero, e segundo, existem variáveis com avaliações diferenciadas caracterizadas por respostas dispares o que se reflete em um valor de desvio padrão acentuado.

Estas duas possibilidades de avaliação das configurações de sala de aula permitem considerar que no primeiro caso, quando as avaliações dos especialistas são similares, existe uma tendência de qualificação da variável, o que possibilita o seu uso com certo grau de confiabilidade. Já no segundo caso, quando as avaliações dos especialistas são dispares, pode-se dizer que são necessários mais elementos para a avaliação das variáveis ou uma avaliação com um maior número de especialistas.

O objeto de estudo inicial desta pesquisa é tratar estes dois casos, de modo que o projetista possa tomar decisões escolhendo variáveis de projeto que possuem uma avaliação com certo grau de confiabilidade.

Para tomar as decisões o projetista precisa avaliar e comparar de uma maneira genérica as variáveis de implantação de sala de aula. A palavra genérica, neste caso, indica que o projetista tomará decisões considerando que uma determinada variável de projeto possui uma tendência a produzir resultados com desempenho qualificado para o conforto ambiental.

A avaliação dos especialistas é considerada como uma tendência (promessa) de desempenho da variável que poderá ser realizada ou modificada com o maior detalhamento da variável durante o desenvolvimento do projeto. Isto é, o desempenho qualificado inicialmente como ruim de uma variável poderá ser modificado se durante o processo de projeto forem adotadas medidas que o melhorem.

O ato de projetar apóia-se na comunicação, principalmente em representações, sejam através de fluxograma, tabelas, organogramas, esboços, desenho técnico, maquetes entre outros. Antes de partir para a representação gráfica de alternativas de projeto (esboços), se faz a compreensão das diversas subáreas para o planejamento do projeto. Neste momento, acredita-se que o uso da metodologia de projeto axiomático pode contribuir, pois, esta metodologia utiliza um processo analítico, baseado em dois axiomas e representado por mapeamento e fluxograma, o que permite ao projetista identificar qual decisão está tomando e qual a conseqüência desta decisão para o projeto como um todo. Além disso, também permite o reconhecimento e elaboração de seqüência de atividades do projeto o que possibilita o gerenciamento das informações e a interação de equipes de trabalho.

Face ao exposto, esta pesquisa qualifica as variáveis de projeto (exemplos simplificados) considerando a utilização da escala semântica por especialistas da área de conforto e aplica esses exemplos no desenvolvimento de projeto através do uso da metodologia de projeto axiomático.

A estrutura do texto foi organizada em capítulos que se dividem em quatro partes. A primeira (capítulo 3) relaciona-se à importância e contextualização da pesquisa e teve como fundamentação teórica a estatística, a teoria de aprendizagem, a metodologia de projeto axiomático, as definições de conforto ambiental para o projeto de prédio escolar, o processo de projeto desenvolvido pela FDE e a otimização de projeto. A segunda parte, capítulo 4 relaciona-se à metodologia e resultados desta pesquisa, sendo dividida em três temas: a seção 4.1 mostra como alguns escritórios de arquitetura prestadores de serviço ao FDE lidam com os aspectos de conforto ambiental no processo de projeto de escolas, a seção 4.2 trata da qualificação das variáveis de projeto através do uso de estatística. A terceira parte (seção 4.3), trata da aplicação de exemplos e de metodologia de projeto através de elaboração de estudo preliminar desenvolvido por alunos em sala de aula na disciplina de projeto de construção civil 2 no curso de Tecnologia ministrado no Centro Federal Federal de Educação Tecnológica de São Paulo (CEFET-SP). O capítulo 5 trata das considerações finais e indica possibilidades de futuras pesquisas. .

2 OBJETIVOS

A hipótese, desta tese, é que é possível avaliar conceitos de conforto ambiental em exemplos simplificados de configurações de salas de aula para projetos de escolas, através do uso de uma escala semântica e da opinião de especialistas, e considerar o uso destes exemplos e da metodologia de projeto axiomático, para a integração dos aspectos de conforto ambiental e de outras subáreas que envolvem o projeto de construção civil.

Têm-se, portanto, como objetivos:

- Verificar o uso da escala semântica e as possibilidades estatísticas.
- Avaliar o conjunto de respostas dos especialistas.
- Avaliar a qualificação de cada configuração de sala de aula.
- Utilizar as configurações de salas de aula avaliadas como exemplos de solução
- Aplicar a metodologia de projeto axiomático para a união de subáreas de projeto, no projeto de uma escola.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A revisão teórica trata sete temas que direcionam a escolha de materiais e métodos desta pesquisa.

O estudo das escalas de mensuração, apresentado na seção 3.1, foi realizado para esclarecer o uso da escala de cinco pontos e a sua quantificação para as tipologias de salas de aula encontradas em GRAÇA (2002).

Os conceitos de estatística foram revisados para que se pudesse classificar o problema e indicar método estatístico para a qualificação das respostas dos especialistas (seção 3.2).

A aprendizagem significativa foi exposta na seção 3.3, para fundamentar o uso de exemplos e da metodologia axiomática na aplicação realizada na disciplina de projeto de construção civil ministrada no Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo.

Os conceitos da metodologia de projeto axiomático foram apresentados de modo a permitir sua compreensão e para direcionar o tema das funções e definições de conforto ambiental (seção 3.4) .

O tema referente às funções e definições do conforto ambiental, apresentado na seção 3.5, considerou a representação do mapeamento entre requisitos funcionais e parâmetros de projeto para delimitar a importância de cada aspecto de conforto, de modo a auxiliar o desenvolvimento de um projeto de escola

baseado em exemplos de solução e na metodologia axiomática. Este tema também forneceu diretrizes na pesquisa junto aos escritórios de arquitetura.

O estudo do processo de projeto realizado pela Fundação de Desenvolvimento Educacional objetivou a compreensão da prática de projetos de modo a contribuir e justificar o uso de exemplos e da metodologia de projeto axiomático (seção 3.6).

O tema referente à otimização de projetos verificou a forma que esta se realiza de modo a auxiliar na tomada de decisão de parâmetros conflitantes de conforto térmico, acústico e visual (seção 3.7)

3.1 Escalas

Utilizou-se como base de pesquisa os autores PEREIRA (1999), BUSSAB e MORETTIN (2003) PARASURAMAN (1991), OLIVEIRA (2001) e MATTAR (1996).

Observou-se a distinção de escalas de mensuração, que caracterizam os tipos de dados e tratamento estatístico, e de escalas de atitudes obtidas através de auto-relato utilizadas para medir “preferências, opiniões, crenças”, estas geralmente se enquadram em um dos modelos de escala de mensuração para se beneficiar do tratamento estatístico de dados.

Há quatro tipos básicos de escalas de mensuração: escalas nominais, escalas ordinais, escalas intervalares e escalas razão.

A **escala nominal** é aquela em que os números servem apenas para nomear, identificar e (ou) categorizar dados sobre pessoas, objetos ou fatos. Os números que formam as escalas nominais não passam de rótulos usados para identificar diferentes categorias de respostas. Nesta escala pode-se afirmar que uma medida é diferente ou não de outra, a única operação matemática permitida com as respostas das escalas nominais é a contagem do número de respostas em cada categoria, por isso, a moda é uma medida de posição apropriada.

As **escalas ordinais** ordenam os objetos que estão sendo estudados de acordo com um processo de comparação, além de servirem também para nomear, identificar e (ou) categorizar pessoas, objetos ou fatos. A escala ordinal indica a ordem de ranking de um grupo de itens associados a determinadas características, mas não indica a medida das diferenças entre os rankings.

A escala ordinal mede atributos que se distinguem em grau ou intensidade, de forma que além das relações de igualdade/desigualdade, podem-se reconhecer relações de ordem (maior ou menor). Tem sentido de direção definido, mas as unidades de mensuração são desconsideradas, não possui um valor nulo conhecido, um eventual código zero não terá valor de nulidade, mas de posição entre eventuais códigos positivos e negativos. Nesta escala, se reconhece uma hierarquia entre os atributos e se define o sentido de orientação da escala. As medidas apropriadas são a moda e a mediana.

A escala **intervalar** mede atributos de forma que os intervalos representam quantidades regulares de atributos. Tem-se a definição de unidade de mensuração. Pode-se afirmar que uma medida é igual ou diferente, maior ou menor e quanto maior do que outra. Pode-se quantificar a diferença entre categorias da escala. A escala intervalar possui um zero que corresponde a um ponto arbitrado para a origem das unidades de medida.

As escalas de intervalo são muito utilizadas para medir atitudes, opiniões, conscientização e preferências, onde a preocupação é estabelecer medidas relativas e não absolutas. A escala intervalar permite operações aritméticas e a média, a mediana, a moda são medidas de posição apropriadas.

A escala **razão** possui as mesmas características da escala intervalar, porém possui um valor zero absoluto. Nas escalas de razão é perfeitamente possível e correto comparar as medições absolutas efetuadas das características e inferir conclusões sobre quanto uma medida é maior ou menor que as outras. Pode-se afirmar que uma medida é igual ou diferente, maior ou menor, quanto maior e quantas vezes a outra medida. As estatísticas apropriadas são as mesmas da escala intervalar (média, mediana, moda).

Concluindo-se, os dados que apresentam somente propriedades nominal e ordinal são classificados como dados não métricos, enquanto que dados com propriedades de intervalo e razão são classificados como dados métricos. A característica que diferencia esses dois tipos de dados é que as diferenças entre os números têm significado preciso para dados métricos e não tem para dados não métricos. Essas escalas podem ser sintetizadas através da tabela 3.1.1

Tab 3.1.1 Síntese das escalas de mensuração

Tipo	escala	intervalos	O que medem	Para que serve	Medidas apropriadas
Dados não métricos	Nominal	Não possui intervalos, Só identifica categorias.	Diferença e contagem do número de respostas em cada categoria	Nomear, categorizar dados sobre pessoas, fatos ou objetos.	Moda
	Ordinal	Possui sentido de direção (crescente ou decrescente), valor zero arbitrário, intervalos não representam regularidade do atributo.	Igualdade/ desigualdade, maior e menor (hierarquia entre atributos)	Ordenar, nomear, categorizar dados sobre pessoas, fatos ou objetos.	Moda e mediana
Dados métricos	Intervalar	Intervalos representam quantidades regulares, valor zero arbitrário.	Igualdade/ desigualdade, maior e menor (hierarquia entre atributos) e quanto maior.	Medir atitudes, opiniões e preferências.	Moda, mediana e média.
	Razão	Intervalos representam quantidades regulares, valor zero é um valor absoluto.	Igualdade/desigualdade, maior e menor (hierarquia entre atributos), quanto maior e quantas vezes maior.	Concluir quanto a magnitude absoluta, informar a posição e quanto pessoas, objetos ou fatos estão distantes entre si em relação à determinada característica.	Moda, mediana, média geométrica e média.

As escalas de **atitudes** procuram medir as crenças dos respondentes em relação aos atributos do produto (componente cognitivo), os seus sentimentos em relação às qualidades esperadas desses atributos (componente afetivo) e uma combinação de crenças e sentimentos são assumidos para medir a intenção ou ação (componente comportamental).

Mattar propõe a seguinte definição para atitude:

> Atitude é uma predisposição sublimar da pessoa na determinação de sua reação comportamental em relação a um produto, organização, fato ou situação (MATTAR, 1996, p. 86).

> A formação de uma atitude é resultante de: crenças, reflexos condicionados, fixações, julgamentos, estereótipos, experiências, exposições a comunicações persuasivas, troca de informações e experiências com outros indivíduos etc. (MATTAR, 1996, p. 87).

Há uma variedade de métodos disponíveis para se estudar atitudes, Cook e Seltiz (1964, p.38 apud OLIVEIRA, 2001) classificaram-nos em cinco categorias principais:

- Medidas cujas inferências são feitas a partir do auto-relato dos indivíduos, ou seja, da declaração dos entrevistados sobre suas crenças, sentimentos e comportamentos em relação a um objeto ou classe de objetos.
- Medidas cujas inferências são feitas a partir da observação do comportamento das pessoas em relação ao objeto.
- Medidas cujas inferências são realizadas a partir da reação individual ou de interpretações de um material relevante e parcialmente estruturado em relação ao objeto.
- Medidas cujas inferências são realizadas a partir do desempenho de tarefas e de objetivos, podendo ser influenciado pela disposição em relação ao objeto.
- Medidas cujas inferências são feitas a partir de reações psicológicas em relação ao objeto.

As atitudes somente podem ser inferidas por mensuração indireta. O método abordado na primeira categoria é o mais direto das cinco abordagens e por isso, é também o mais usado. Trata-se de questões que utilizam escalas, onde os respondentes escolhem as posições mais adequadas para refletir seus sentimentos (OLIVEIRA, 2001).

Mattar (1996) divide os procedimentos para medir atitudes em dois grupos de técnicas: técnicas baseadas em observação e técnicas baseadas na comunicação entre as pessoas. Nesta tese são abordadas algumas escalas utilizadas para técnicas baseadas na comunicação entre pessoas e obtidas através de auto-relato.

O auto-relato consiste na técnica de solicitar às pessoas que respondam a um questionário a respeito de suas atitudes.

As principais escalas de atitudes obtidas por auto-relato são: nominais[1], **de avaliação**, de ordenação[2], escalas comparativas e de comparação parada[3], **diferencial semântico, escala Stapel, escalas indiretas** (de Thurstone e Likert), **escalas Guttman** e escala Alpert[4] (MATTAR, 1996 e OLIVEIRA, 2001).

As **escalas de avaliação** são utilizadas para medir variáveis que envolvem escalas ordinais, de intervalo e de razão. Solicita-se aos respondentes que assinalem as suas atitudes em posições numa escala contínua ou numa escala de categorias ordenadas. Existem três formas de construir uma escala de avaliação: gráfica, verbal e itemizada[5].

As escalas de avaliação gráfica compreendem a apresentação das opções de respostas, desde o extremo mais favorável ao extremo desfavorável, de uma forma visual contínua ou por figuras como se verifica no exemplo da figura 3.1.1.

---

[1] As escalas nominais para medir atitudes compreendem números que são associados às respostas com o único objetivo identificarem as categorias e facilitar o processamento de dados.
[2] Escalas de ordenação compreendem solicitar aos respondentes que ordenem o classifiquem os objetos de acordo com suas atitudes em relação a eles.
[3] As escalas comparativas são julgamentos relativos entre um padrão de referência e o que se quer comparar ou entre diferentes marcas.
[4] A escala de Alpert é utilizada para se comparar dois objetos de estudo.
[5] Nesta escala são feitas várias expressões verbais de opiniões sobre um determinado tópico. O seu emprego é dificultado pela subjetividade das expressões.

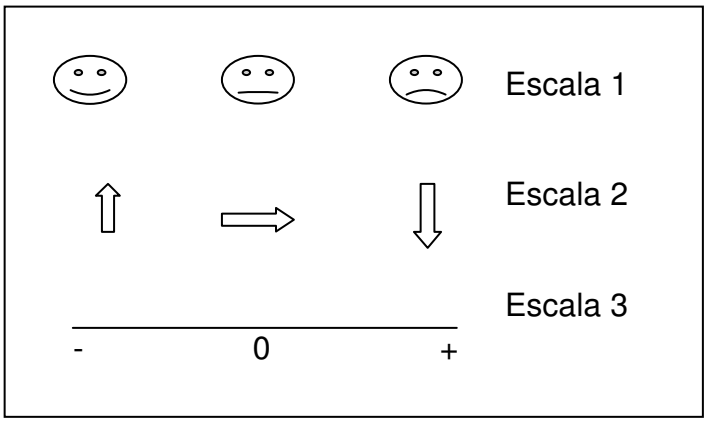


Fig. 3.1.1 Exemplos de escalas de avaliação gráfica (MATTAR, 1996)

As escalas de avaliação verbal compreendem a apresentação de opções de respostas pela identificação e ordenação das categorias através de expressão verbal. Na figura 3.1.2 verificam-se alguns exemplos:

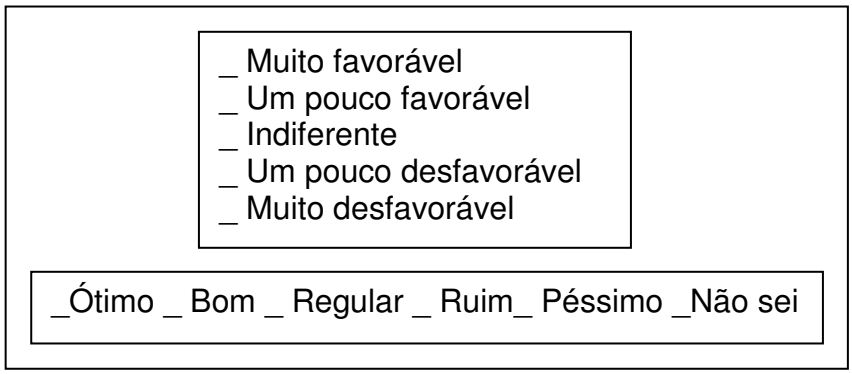


Fig. 3.1.2 Exemplos de escala de avaliação verbal

Na construção de escalas verbais é importante observar os seguintes itens: número de categorias, número par ou ímpar de categorias e escalas balanceadas ou não (MATTAR, 1996).

Os números de categorias usualmente variam de três a sete. Argumenta-se que mais de sete categorias confundem os respondentes, sem incrementar a precisão da

medição. Uma escala, por exemplo, de onze pontos aportaria um refinamento de precisão à medida, mas, em contrapartida implicaria a perda de acurácia, já que dificilmente o pesquisador disporia de onze categorias distintas para a classificação qualitativa do fenômeno estudado. Por uma questão prática (custo e aplicação) se utilizam escalas de cinco pontos que podem ser reduzidas para uma escala de três pontos, o inverso é impossível. As escalas de sete categorias podem ser utilizadas quando se deseja captar pequenas nuanças na medida de atitude (MATTAR, 1996 e PEREIRA, 1999).

A discussão do uso de escalas com número par ou ímpar de categorias, isto é, do uso ou não do ponto neutro nas escalas, se concentra na possibilidade de erro ou falta de número significativo de respostas. Quando não há o ponto neutro, pode-se inferir que mais pessoas se inclinem para um dos pontos da escala semântica quando realmente não possuem esta tendência, ou quando há o ponto neutro, pode-se reduzir o número de respostas significativas. Acredita-se que a retirada ou não do ponto neutro depende do público que se trabalha (FRIEDMAN e AMOO, 1999).

Uma escala pode ser balanceada ou não, isto é, pode ter o mesmo número de categorias pró e contra, ou não. O argumento para se utilizar escalas desbalanceadas é que se a distribuição das respostas tende mais para um lado do que para o outro, se ganha informação ao poder aquilatar com mais precisão o grau a favor ou contra. Na ausência do conhecimento de distribuição de respostas, tem-se que utilizar escalas balanceadas (MATTAR, 1996).

A utilização de adjetivos para qualificação do espaço construído vem sendo utilizada de forma sistemática através de uma técnica chamada de **diferencial semântico.**

A oposição semântica veio a ser estudada e desenvolvida por Osgood utilizando-se uma escala de sete pontos com categorização apenas nos extremos da medida com a intenção de registrar as impressões de pessoas sobre determinados conceitos (OSGOOD 1969 apud PEREIRA, 1999)[6]. Conforme exemplo da figura 3.1.3

Com relação à marca de café A, qual a sua opinião sobre os seguintes atributos:							
Puro	—	—	—	—	—	—	Impuro
Forte	—	—	—	—	—	—	Fraco
Saboroso	—	—	—	—	—	—	Sem sabor
Sabor diferente	—	—	—	—	—	—	Sabor comum
Aromático	—	—	—	—	—	—	Sem aroma
Alta qualidade	—	—	—	—	—	—	Baixa qualidade
Barato	—	—	—	—	—	—	Caro
Bem torrado	—	—	—	—	—	—	Mal torrado
Embalagem bonita	—	—	—	—	—	—	Embalagem feia
Produto moderno	—	—	—	—	—	—	Produto antigo

Fig. 3.1.3 Exemplo de diferencial semântico (MATTAR, 1996 p.94).

Pode-se atribuir ou não valores numéricos para os sete pontos da escala. Esta pontuação é considerada uma escala intervalar se for apresentada aos respondentes, caso não sejam apresentados é considerada uma escala ordinal (MATTAR, 1996).

O diferencial semântico é um instrumento muito utilizado no estudo das respostas aos estímulos arquitetônicos. Devido a sua popularidade o instrumento ganhou aceitação no que resultou em sua utilização para fins não pretendidos. No estudo ambiental onde o estímulo não é verbal e as respostas nem sempre se baseiam na linguagem, existem alguns problemas (BECHTEL, 1987):

1- as respostas podem ser prejudicadas pela forma de apresentação do ambiente
2- as respostas podem ser induzidas pelo adjetivo
3- pouca representatividade da população a ser estudada

[6] Osgood C E, Suci G & Tannenbaum P (1957) *The Measurement of Meaning* referência encontrada também http://www.cultsock.ndirect.co.uk/MUHome/cshtml/

4- pouca representatividade do ambiente arquitetônico a ser estudado

O diferencial semântico é um método relativamente fácil de quantificar a intensidade e o conteúdo de atitudes em relação a certos conceitos. O procedimento é flexível e razoavelmente seguro, sendo mais simples para usar do que as escalas de Thurstone e Guttman (OLIVEIRA, 2001).

A escala de **Stapel** é uma modificação da escala de diferencial semântico. Ela consiste em uma escala de 10 pontos, cujos valores variam de +5 a –5, em que os respondentes são instruídos a avaliar quão precisamente o adjetivo ou frase descrevem o objeto que está sendo avaliado. A vantagem da escala de Stapel é que não há necessidade de desenvolver adjetivos bipolares (OLIVEIRA, 2001). A figura 3.1.4 mostra um exemplo.

Avalie o café da marca A, segundo a sua opinião.										
Atributos	**Avaliação**									
Pureza	- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
Sabor	- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
Aroma	- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
Qualidade	- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
Textura	- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
Torrefação	- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
Embalagem	- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
Marca	- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5

Fig 3.1.4 Exemplo de escala de Stapel (MATTAR, 1996 p.95)

As **escalas indiretas** combinam um conjunto de respostas dos entrevistados em relação ao objeto para determinar a sua posição na escala de atitudes. A construção destas escalas é complexa e por este motivo verifica-se o uso sem o desenvolvimento metodológico de seus autores (MATTAR, 1996).

As escalas indiretas verificadas foram: a escala de intervalos aparentemente iguais de Thurstone, a escala somatória ou escala de Likert e a escala de Guttman.

Thurstone criou métodos diferentes para desenvolver uma escala unidimensional. O método mais fácil de implementação é o de "escalas de intervalos aparentemente iguais ("*method of equal-appearing intervals").* As fases do método,segundo TROCHIM (2002)[7],contemplam:

1- A descrição do conceito que se pretende medir.
2- Criação de uma série de declarações por pessoas que compreendam o conceito que se quer medir (geração de itens potenciais para a escala)
3- Classificação das declarações por pessoas que elencaram estas declarações indicando valores de 1 a 11 (1 para os itens menos favoráveis ao conceito).
4- Análise estatística da classificação das declarações (considera a mediana, primeiro e terceiro quartis, diferenças entre quartis)
5- Seleção final dos itens da escala (declarações com o mesmo valor de mediana e menor diferença entre quartis, esta seleção não se baseia apenas na estatística, se a pessoa que faz a escala achar a declaração confusa pode escolher a seguinte)
6- Aplica-se a escala que possui os itens selecionados e apenas duas possibilidades de respostas – concordo ou discordo.
7- A colocação do respondente na escala, feita através da média das respostas de concordância.

Essa escala é relativamente cara e a sua definição final consome muito tempo. Porém, uma vez definida, é fácil de ser administrada e de ser compreendida pelos respondentes. Um ponto fraco dessa escala é que não permite identificar a intensidade dos sentimentos em relação à determinada frase, pois os entrevistados somente poderão concordar ou não com ela. Outras críticas a este método se baseiam no fato

[7] http://socialresearchmethods.nrt/kb/scalgen.htm acesso em 10/07/2006

de que o julgamento para escolher as afirmações que irão fazer parte da listagem apresentada aos respondentes depende das atitudes dos "juízes" (OLIVEIRA, 2001).

Uma parte de exemplo dessa escala encontra-se na tabela 3.1.2, onde se quer medir a atitude de uma pessoa em relação a AIDS, onde ela terá que responder se concorda ou discorda de cada declaração. Cada declaração tem um valor que varia de 1 a 11 e a resposta final se dá pela média das respostas de concordância.

Tab. 3.1.2 Exemplo de escala de Thurstone, traduzida de TROCHIM (2002)

concordo	discordo	declaração
		Pessoas com AIDS são como meus pais
		Por que a AIDS pode ser prevenida, devemos concentrar esforços mais na prevenção do que na cura.
		Pessoas com AIDS merecem o que tem
		AIDS afeta a todos
		Pessoas com AIDS devem ser tratadas como qualquer pessoa

Em 1932, **Likert** propôs uma escala de cinco pontos, com um ponto médio para registro de situação intermediária, de indiferença ou de nulidade, do tipo ótimo, bom, regular, ruim e péssimo.

> "O sucesso desta escala reside no fato de que tem sensibilidade de recuperar conceitos aristotélicos de manifestação de qualidade: reconhece a oposição entre contrários, reconhece gradiente e reconhece situação intermediária... além disso, ela tem uma relação adequada entre precisão e a acurácia da mensuração. Uma escala de, *v.g.,* onze pontos (de 0 a 10) aportaria um refinamento de precisão à medida, mas, em contrapartida, implicaria a perda de acurácia, já que dificilmente o pesquisador disporia de onze categorias distintas para a classificação qualitativa do fenômeno estudado". (PEREIRA, 1999 p. 65).

A escala de Likert, ou escala somatória, tem semelhança com a escala de Thurstone, pois diz respeito a uma série de afirmações relacionadas com o objeto

pesquisado. A diferença é que possui um grau de concordância ou discordância (OLIVEIRA, 2001). Um exemplo desta escala se visualiza na tabela 3.1.3.

Tab. 3.1.3 Exemplo de escala Likert, traduzida de TROCHIN (2002)

Escala para estimar o nível de auto-estima de uma pessoa no trabalho				
Discordo totalmente	Discordo em parte	Concordo em parte	Concordo totalmente	1- sinto-me bem sobre o meu trabalho no meu emprego
Discordo totalmente	Discordo em parte	Concordo em parte	Concordo totalmente	2- como um todo, me entendo bem com os outros trabalhadores.
Discordo totalmente	Discordo em parte	Concordo em parte	Concordo totalmente	3- tenho orgulho da minha habilidade de lidar com as dificuldades do trabalho
Discordo totalmente	Discordo em parte	Concordo em parte	Concordo totalmente	4- quando me sinto desconfortável no trabalho, sei como lidar com esta situação.
Discordo totalmente	Discordo em parte	Concordo em parte	Concordo totalmente	5- posso dizer que as outras pessoas do trabalho são felizes com a minha presença
Discordo totalmente	Discordo em parte	Concordo em parte	Concordo totalmente	6- sei que serei capaz de lidar com o trabalho o tempo que eu quiser
Discordo totalmente	Discordo em parte	Concordo em parte	Concordo totalmente	7- tenho orgulho da minha relação com meu chefe
Discordo totalmente	Discordo em parte	Concordo em parte	Concordo totalmente	8- estou convicto que posso trabalhar sem a assistência constante.
Discordo totalmente	Discordo em parte	Concordo em parte	Concordo totalmente	9- sinto que faço contribuições úteis no trabalho
Discordo totalmente	Discordo em parte	Concordo em parte	Concordo totalmente	10- posso dizer que meus colegas me respeitam

Para cada ponto da escala podem ser atribuídos valores, os mais comuns são de 0 a 4, de -2 a +2, de 1 a 5. Todas as escalas ímpares possuem um valor médio geralmente designado como neutro ou indeciso. Também é possível usar uma escala com “escolha forçada” isto é com número par de respostas sem permitir a escolha do ponto neutro. Nesta situação o entrevistado é forçado a se inclinar para a concordância ou não da declaração.

Pode-se assumir que os intervalos entre as categorias, dado por uma escala de Likert, são regulares bem como assumir um zero absoluto isto é pode-se considerar a escala de Likert como uma escala do tipo razão (PEREIRA, 1999).

A escala de Likert é unidimensional. As fases para desenvolvê-la, segundo Trochim (2002), contemplam:

1- A descrição do conceito que se pretende medir.
2- Criação de uma série de declarações que possam ser medidas em uma escala de 5 a 7 pontos de concordância ou não. Pode ser feito pelo pesquisador ou por pessoas que compreendam o conceito que se quer medir, pode-se utilizar um *brainstorming* para a criação dos itens, sendo desejável a obtenção de um grande conjunto de itens, entre 80 e 100. (geração de itens potenciais para a escala)
3- Classificação da pertinência das declarações por juízes geralmente se utiliza uma escala de cinco.
4- Seleção dos itens da escala através de uma série de análises estatísticas.
5- Administra-se a escala e faz-se a soma dos itens.

A escala de **Guttman** é similar à escala de Likert, a diferença entre elas é que a de Guttman é uma escala acumulativa, o que significa que a afirmações selecionadas incorporam a idéia das afirmações anteriores (TROCHIN, 2002; OLIVEIRA, 2001). Como se visualiza na tabela 3.1.4.

Tab. 3.1.4 Exemplo de escala de Guttman, traduzida de TROCHIN (2002)

Instruções: Marque as declarações que você concorda	
	Eu permitiria que um filho meu se casasse com um imigrante
	Eu acredito que neste país poderiam permitir a entrada de mais imigrantes
	Eu me sentiria confortável se um imigrante fosse meu vizinho
	Eu me sentiria confortável se um imigrante viesse para minha comunidade
	Eu ficaria bem se um novo imigrante se mudar para o meu bloco
	Eu me sentiria confortável se meu filho se encontrasse com um novo imigrante

A escala de Guttman é unidimensional. As fases para desenvolvê-la, segundo Trochim (2002), contemplam:

1- A descrição do conceito que se pretende medir.
2- Criação de uma série de declarações sobre o conceito. Pode ser feito pelo pesquisador ou por pessoas que compreendam o conceito que se quer medir,

sendo desejável a obtenção de um grande conjunto de itens- entre 80 e 100. (desenvolvimento de itens)

3- Classificação da pertinência das declarações, referentes ao conceito que se quer medir, por juízes com respostas binomiais (sim ou não).
4- Desenvolvimento da escala cumulativa através de uma matriz ou tabela ou escalograma que mostra as repostas dos juízes em cada item para formar subconjuntos de itens com propriedades cumulativas, por exemplo, todos os juízes que responderam sim para a questão 7 também responderam para o item 5, 8 e 9.
5- Administra-se a escala que é composta de declarações que devem ser assinaladas pelos entrevistados em caso de concordância.

Observou-se que as escalas de mensuração (nominal, ordinal, intervalar e razão) possuem definições claras quanto ao uso e estatísticas apropriadas. As escalas de auto-relato deveriam se enquadrar em uma das escalas de mensuração, porém o que se verifica é que elas podem ser utilizadas como escalas ordinal, intervalar ou razão.

3.2 Possibilidades estatísticas

A intenção desta pesquisa foi verificar qual teste poderia ser feito para indicar índices de confiabilidade nas respostas dos especialistas. Verifica-se na tabela 3.2.1 as possibilidades estatísticas de acordo com a escala escolhida.

Tab. 3.2.1: Características das Escalas Básicas de Medição baseada em MATTAR (1996), BUSSAB e MORETTIN (2003) e MORCILLO (2003)

Escala	Característica	Exemplos típicos	Estatísticas possíveis
Nominal	Identidade, definição única de números.	Marcas, Sexo, raças, cores, tipos de lojas, regiões, uso/não uso, gosta/não gosta, e a toda variável a que se possa associar números para identificação.	Moda, percentagens, teste binomial, teste Qui-quadrado, Mcnemar, Cochran Q
Ordinal	Ordem dos números	Atitudes, preferências, opiniões, classes sociais, ocupações	Moda, Mediana, quartis, decis, percentis, teste U, teste Mann-Whitney, Kruskal Wallis, Kolmogorov-Smirnov, Correlação de postos.
Intervalo	Comparação de intervalos.	Atitudes, opiniões, conscientização, preferências, números-índices. Escala de temperatura	Moda, Mediana, Média, intervalo, amplitude total, amplitude média, desvio médio, variância, desvio padrão, teste z, teste t, análise de variância, correlação de produto-momento, teste Mann-Whitney Kruskal Wallis, Kolmogorov-Smirnov
Razão	Comparação de medidas absolutas e de proporções.	Idade, preço, número de consumidores, volume de vendas, renda, patrimônio.	Todos os do item anterior e mais: média geométrica, média harmônica, coeficiente de variação.

Uma outra classificação se refere aos testes paramétricos e não paramétricos (LOWRY, 2005[8]; BUSSAB e MORETTIN,2003; MORCILLO,2003[9]). Os testes paramétricos fazem suposições dos parâmetros (propriedades) de distribuição da população da quais os dados são retirados, na prática os testes paramétricos, tais como testes T e análise de variância, assumem a distribuição normal da população. Estes testes geralmente consideram que as medidas derivam de uma escala intervalar. Já os testes não-paramétricos não fazem estas suposições, exemplos destes tipos de testes são: qui-quadrado, teste Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, teste de postos sinalizadores de Wilcoxon, teste de Friedman, teste de probabilidade exata de Fisher, Teste de Kolmogorov-Smirnov .

[8] http://faculty.vassar.edu/lowry/webtext.html acesso em 24/09/05
[9] http://www.fcm.unicamp.br/centros/ciped/mp639/ acesso em 23/09/05

Tendo estas duas classificações e o possível enquadramento da escala como intervalar, passou-se a verificar o objetivo do uso de estatística para esta pesquisa e seu enquadramento em um destes testes.

O que se pretende é verificar se os especialistas geralmente emitem opiniões parecidas, isto é: pode-se assumir que a maioria das respostas dos especialistas são iguais? Esta análise é importante, pois verifica a viabilidade de qualificação de variáveis de projeto considerando-se o uso de uma escala e da opinião de especialistas. Ela é feita através de um teste de hipóteses.

As respostas dos especialistas não se enquadram em uma distribuição normal o que elimina a possibilidade de tratamento estatístico que pressupõem este tipo de distribuição, assim, para facilitar a busca por uma estatística apropriada formulou-se a tabela 3.2.2.

Tab. 3.2.2. Possibilidades de uso de testes não paramétricos baseada em BUSSAB e MORETTIN, 2003, MORCILLO, 2003; LOWRY, 2005.

Testes não paramétrico	Utilização
Qui-quadrado	Análise de associação entre variáveis – análise bidimensional. Avaliar a associação existente entre variáveis qualitativas (dados do tipo categórico). O princípio básico deste método não paramétrico é comparar as divergências entre as freqüências observadas e as esperadas. "*Analysis of Categorical Frequency Data*" (análise de freqüência de dados categóricos)
Teste de probabilidade exata de Fisher	"*Analysis of Categorical Frequency Data*" (análise de freqüência de dados categóricos) – amostras pequenas
Teste Mann-Whitney	"*Significance of the Difference between the Means of Two Independent Samples*" (diferença significativa entre medianas de duas amostras independentes). Comparação de duas populações com amostras independentes.
Kruskal-Wallis	*"One-Way Analysis of Variance for Independent Samples*" (análise de variância para amostras independentes). Avaliar se três ou mais amostras são iguais ou diferentes, substitui a análise de variância.
Teste de postos sinalizadores de Wilcoxon	"*Alternative to the **t**-test for correlated samples."* (alternativa ao teste T para amostras correlacionadas). Comparação de dados pareados
Teste de Friedman	"*One-Way Analysis of Variance for Correlated Samples".* (análise de variância para amostras correlacionadas)
Teste de Kolmogorov-Smirnov	Avalia se duas amostras têm distribuições semelhantes. O princípio básico é comparar as freqüências acumuladas das duas amostras.

3.3 Teoria da aprendizagem significativa e o uso de exemplos e da metodologia axiomática.

Nesta seção não será descrita toda a teoria de aprendizagem significativa, apenas os elementos mais importantes relacionados ao uso de exemplos e da metodologia de projeto axiomático.

Ao defender o uso da teoria de Ausubel, NOVAK (1981) afirma que:

> Algumas das condições essenciais para uma sólida teoria de aprendizagem aplicável a educação podem ser encontradas na teoria de assimilação de Ausubel, por duas razões: (1) epistemologicamente, conceitos parecem ser os mais importantes componentes de intercâmbio cultural e a teoria de Ausubel é especificamente voltada para a aprendizagem de conceitos, e (2) muitas questões educacionais podem ser decompostas em fatores que lidam, primordialmente, com a qualidade e a extensão da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa. Estas idéias-chave, juntamente com o conceito básico de aprendizagem significativa, podem ser usadas para encarar muitas questões educacionais em um novo sistema de referência. (p.75).
>
> ...as teorias que precederam a de Ausubel não foram particularmente relevantes ao currículo e, por isso, não constituíam uma parte importante no planejamento curricular (p.110).
>
> Se a aprendizagem deve ser significativa, o novo conhecimento a ser aprendido, então, deve ter relevantes conceitos-âncora disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz. Já que uma série enorme de informações deve ser aprendida em qualquer disciplina, somente os conceitos mais gerais e mais inclusivos poderão oferecer ancoragem em uma ampla variedade de situações de aprendizagem (p.112).

Ausubel é um representante do cognitivismo[10] e propõe uma explicação teórica do processo de aprendizagem. O conceito mais importante se denomina de aprendizagem significativa (NOVAK, 1981; MOREIRA e MASINI, 1982). Na figura 3.3.1 observa-se uma rede conceitual que auxilia na compreensão desta teoria.

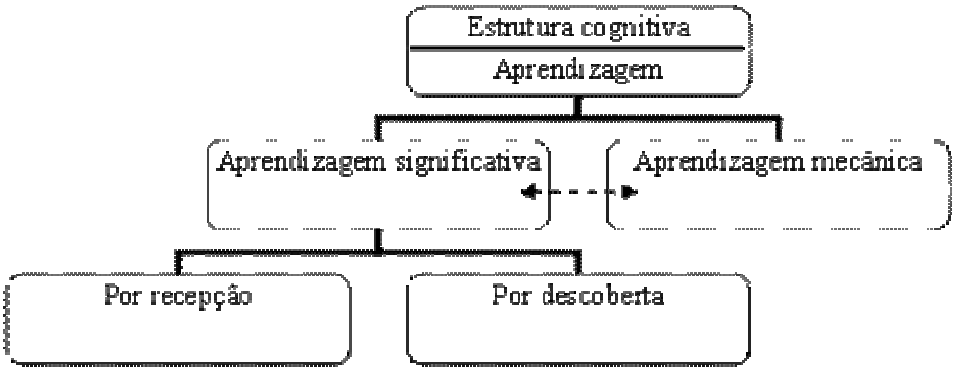


Fig. 3.3.1 Estrutura da aprendizagem (FARIA, 1989)

A organização ou estrutura cognitiva é uma rede de conceitos organizados de modo hierárquico, de acordo com o grau de abstração e de generalização (abstrações da experiência do indivíduo). O armazenamento de informações é organizado, formando uma hierarquia conceitual onde elementos mais específicos de conhecimento são ligados e assimilados a conceitos mais gerais, mais inclusivos (NOVAK,1981).

A estrutura cognitiva, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), se refere ao conteúdo total e organizado de idéias de uma pessoa, assim, a aprendizagem significativa ocorre quando o contexto de um assunto refere-se ao conteúdo e organização de idéias na área específica de conhecimento da estrutura cognitiva do indivíduo.

[10] A psicologia cognitivista preocupa-se com o processo de compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição e tem por objetivo identificar padrões estruturados desta transformação. A cognição é o processo através do qual o mundo de significados tem origem. O cognitivismo procura descrever o que acontece quando o ser humano se situa, organizando o seu mundo e distinguindo sistematicamente o igual do diferente.

A aprendizagem refere-se à aquisição de idéias na estrutura cognitiva do indivíduo. Uma aquisição tanto pode ser mecânica como significativa. Não existe uma dicotomia entre estas aprendizagens, elas são contínuas e podem coexistir. Por exemplo, pode-se considerar uma determinada tarefa que envolva datas, nomes e relação entre eles, como aprendizagem mecânica para a memorização de datas e nomes, e também como aprendizagem significativa para a compreensão das relações (FARIA, 1989).

A aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ela ocorre quando esta nova informação ancora-se em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Na aprendizagem significativa estes conceitos são denominados de *subsunçores*[11] ou idéias de esteio (MOREIRA e MASINI,1982; PELIZZARI et al, 2002).

Moreira e Masini (1982) citam o seguinte exemplo: Em física, se os conceitos de força e campo já existem na estrutura cognitiva do aluno, eles servirão de *subsunçores* para novas informações referentes a tipos de força e campo. Neste processo de ancoragem há a modificação do conceito *subsunçor*, isto é, este conceito fica mais elaborado, inclusivo e abrangente.

O processo de formação de subsunçores ocorre antes da idade escolar, quando a criança aprende por descoberta, formula, testa hipóteses e generaliza alguns conceitos. Após a criança ter adquirido um ou dois mil conceitos (usualmente reconhecido como o vocabulário funcional da criança) a diferenciação adicional destes e o desenvolvimento de novos prossegue principalmente através de assimilação de conceitos. Na idade escolar, a maioria das crianças possui uma estrutura conceitual adequada que permite a aprendizagem receptiva significativa (NOVAK, 1981).

[11] Subsunçores é uma palavra que tenta traduzir a palavra inglesa “subsumers” (Novak.1981).

A aprendizagem receptiva e a aprendizagem por descoberta são desdobramentos da aprendizagem significativa. Na primeira, o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final, o aluno deverá atuar para relacionar os materiais fornecidos à sua estrutura cognitiva. Na segunda, o conteúdo principal é descoberto pelo aprendiz, o material instrucional é apresentado em forma de problema, devendo o aluno descobrir algum princípio fundamental, alguma lei (MOREIRA e MASINI,1982; FARIA, 1989).

As figuras 3.3.2A e 3.3.2B mostram que tanto a aprendizagem por descoberta como a aprendizagem por recepção são contínuas e podem ser consideradas como aprendizagem mecânica ou significativa.

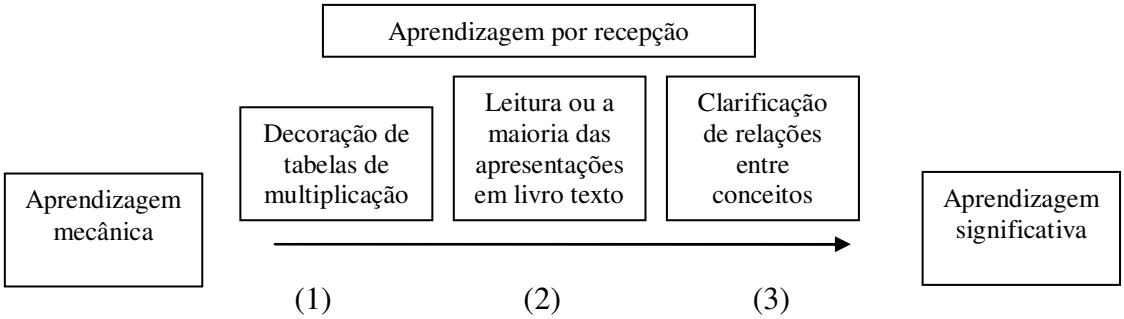


Fig. 3.3.2A Contínuo na modalidade de aprendizagem por recepção (FARIA,1989)

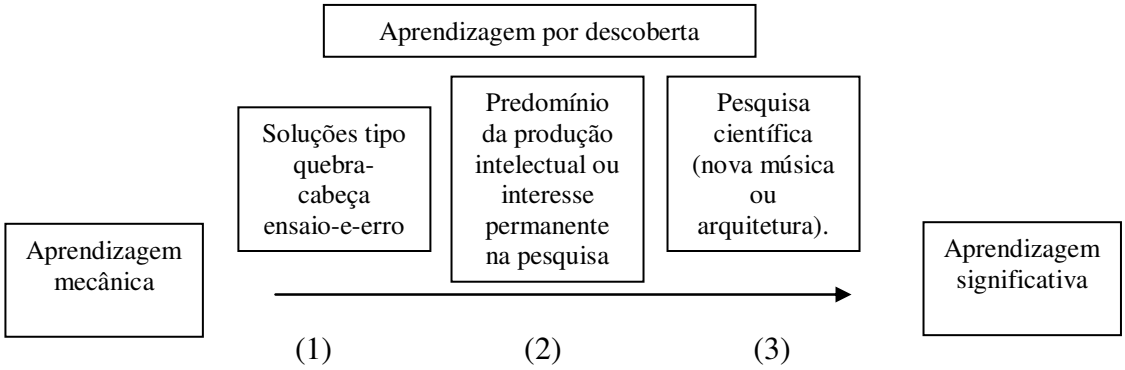


Fig. 3.3.2B Contínuo na modalidade de aprendizagem por descoberta (FARIA,1989)

A aprendizagem significativa pressupõe: primeiro que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo, isto é, possui relação, de maneira não-arbitrária e não literal (substantiva), com a estrutura de conhecimento e, segundo, que o aprendiz manifeste disposição para relacionar, desta maneira, o novo material. A primeira indica dois fatores principais: a natureza do material a ser aprendido e a natureza da estrutura cognitiva do aluno. A segunda diz respeito à intenção do aluno, isto é, mesmo que o material seja potencialmente significativo o aprendiz pode ter a intenção de apenas memorizá-lo de maneira arbitrária e literal realizando a aprendizagem mecânica (MOREIRA e MASINI,1982).

A aprendizagem mecânica ocorre quando há a necessidade de apreender novas informações e não existem conceitos relevantes na estrutura cognitiva do indivíduo. Isto é, cada unidade de conhecimento tem que ser armazenada arbitrariamente e pouca ou nenhuma interação ocorre entre a nova informação e aquela já armazenada. A aprendizagem mecânica é sempre necessária quando um indivíduo adquire informação, em uma área de conhecimento, completamente não relacionada ao que ele já sabe. Além disso, alguns tipos de informações possuem natureza sem significado, como por exemplo, número de telefone e sílabas (NOVAK, 1981).

Ausubel, Novak e Hanesian (1980), ainda distingui três principais formas de aprendizagens, que envolvem relacionamentos específicos entre as novas informações e as idéias existentes na estrutura cognitiva do aprendiz: aprendizagem subordinativa, aprendizagem superordenada e aprendizagem combinatória.

A aprendizagem subordinativa refere-se ao aprendizado de um novo conceito ou proposição que podem ser subordinados a idéias preexistentes. Segundo AUSUBEL; NOVAK e HANESIAN (1980),tem-se:

> Uma vez que a estrutura cognitiva propriamente dita tende a ser organizada hierarquicamente em relação ao nível de abstração, generalização e abrangência das idéias, a emergência de uma "nova" estrutura proposicional significativa reflete mais tipicamente uma relação de subordinação do novo material à estrutura cognitiva existente. (p48)

A aprendizagem subordinativa pode ser classificada em subordinação derivativa e subordinação correlativa. A primeira ocorre quando o material da aprendizagem é compreendido como um exemplo de um conceito já estabelecido ou uma forma de ilustrar uma proposição geral adquirida. A segunda, subordinação correlativa ocorre quando o conteúdo é uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de idéias existentes (MOREIRA e MASINI,1982; FARIA, 1989).

Neste tipo de aprendizagem, verifica-se a importância do uso de exemplos para a contextualização e assimilação de um conceito existente. Bem como demonstra que na estrutura hierárquica de conhecimento, os exemplos se constituem em elementos pouco inclusivos com função de ilustrar um conceito mais abrangente.

A aprendizagem superordenada refere-se ao aprendizado de um conceito mais abrangente ou mais inclusivo a partir de idéias já conhecidas do aprendiz. Segundo AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN H (1980), tem-se que:

> Aprendizagem do significado de um novo conceito ou proposições que pode abranger idéias relevantes "particulares" e "menos" inclusivas, já presentes na estrutura cognitiva (, p.52).

Neste tipo de aprendizagem verifica-se a formação de uma nova hierarquia onde atributos essenciais do novo conceito são extraídos a partir de exemplos existentes. Este novo conceito passa a ordenar os exemplos existentes que assumem uma condição de subordinação. Por exemplo, à medida que uma criança desenvolve conceitos de cão, gato, vaca etc, ela pode aprender mais tarde que os conceitos familiares destes animais podem ser agrupados e subordinados ao conceito de mamífero (MOREIRA e MASINI,1982; FARIA, 1989).

Os exemplos na aprendizagem superordenada são organizados de modo a se reconhecer características ou conceitos comuns. Neste caso eles demonstram os elementos essenciais de um novo conceito.

A aprendizagem combinatória refere-se ao aprendizado de uma nova idéia que não possua relação de subordinação ou ordenação de conceitos existentes. Neste caso a relação se estabelece com um fundo ideacional genérico. Segundo FARIA (1989) tem-se que:

> Uma nova idéia representada por A relaciona-se na estrutura cognitiva com outras idéias, por exemplo, B, C e D, sem que estas últimas sejam mais abrangentes e nem específicas. É necessário, porém, que a nova idéia A tenha alguns atributos essenciais em comum com as idéias preexistentes, as quais, portanto, são não arbitrárias em relação a A (p.24).

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a grande maioria de novas generalizações que os estudantes aprendem em ciências, matemática, estudos sociais e ciências humanas, constitui-se exemplos de aprendizados combinatórios.

Na aprendizagem subordinada, a ocorrência do processo de subsunção conduz à diferenciação progressiva do conceito e, nas aprendizagens superordenada e combinatória, à medida que novas informações são adquiridas, elementos já existentes na estrutura cognitiva podem ser percebidos como relacionados e ser reorganizados adquirindo novos significados, o que se denomina de reconciliação integrativa (MOREIRA e MASINI,1982). Estes dois princípios são utilizados para facilitar aprendizagem e auxiliam na programação do conteúdo a ser aprendido.

O princípio da diferenciação progressiva prevê que a organização do material de aprendizagem é feita de maneira hierárquica, isto é, deve ser programado de forma que idéias gerais e inclusivas sejam apresentadas antes e, progressivamente diferenciadas, introduzindo os detalhes específicos necessários. Essa ordem de apresentação corresponde à seqüência natural da consciência, quando um ser humano

é exposto a um campo inteiramente novo de conhecimento (MOREIRA e MASINI,1982; FARIA, 1989, AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN,1980). Este princípio tem como hipóteses que:

- é mais fácil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas;
- a organização do conteúdo de uma disciplina, na mente do indivíduo, é uma estrutura hierárquica na qual idéias mais inclusiva estão no topo da estrutura e, progressivamente incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados.

A diferenciação progressiva pode ser realizada utilizando-se uma série de organizadores hierarquizados em ordem decrescente de inclusão. Dessa forma, utiliza-se um subsunçor relevante e inclusivo que proporciona apoio a cada unidade, e também as idéias em cada unidade são progressivamente diferenciadas e organizadas. Os organizadores iniciais12 fornecem uma idéia genérica que podem ser consideradas como idéias de esteio subsunçores antes do aprendiz ser confrontado com um novo material (MOREIRA e MASINI,1982).

Novak (1981) considera que os organizadores prévios são funcionais somente quando servirem como pontes cognitivas isto é, elementos de ligação entre os subsunçores relevantes e o novo material, em AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN (1980) verifica-se que:

> "...a principal função do organizador é preencher o hiato entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber antes que possa aprender, com sucesso, a tarefa com que se defronta." (p.148)

[12] Na teoria de AUSUBEL (1980) denomina-se de organizadores prévios

A reconciliação integrativa é o princípio pelo qual o material instrucional deve ser programado para explorar relações entre idéias, apontar similaridades e diferenças, reconciliando inconsistências reais ou aparentes.

A reconciliação integrativa pode ser utilizada para auxiliar a aprendizagem significativa em dois tipos de situações: a relação entre idéias e a relação das idéias existentes e as novas idéias.

No primeiro caso pode-se encontrar os seguintes problemas:

- uso de diferentes termos para representar conceitos equivalentes o que pode encorajar a aprendizagem mecânica.
- tópicos de um mesmo material apresentados em paralelo sem que se perceba a relação entre os tópicos.
- conceitos aparentemente semelhantes podem ser compreendidos como se fossem idênticos se não forem explicitadas as diferenças.

No segundo caso, que compreende a relação de novas idéias a idéias existentes na estrutura cognitiva, a reconciliação integrativa pode auxiliar nas seguintes situações:

- discriminar idéias novas que possuem analogia com idéias existentes, de modo a distinguir diferenças e semelhanças. Se isso não ocorrer o novo material será considerado idêntico à idéia já existente e não será aprendido.
- contradições entre idéias novas e antigas podem levar o aluno a recusar o novo material ou assimilá-lo como entidade isolada. Neste caso a reconciliação integrativa consiste em distinguir e comparar as idéias de modo a reorganizar a estrutura cognitiva do aprendiz através de um subsunçor mais inclusivo.

Os organizadores podem ser utilizados para facilitar a reconciliação integrativa quando indicam, explicitamente, de que forma as idéias novas são similares ou diferentes das idéias já existentes. Neste caso os organizadores passam a ser subsunçores do novo material (MOREIRA e MASINI,1982).

Desta maneira, cada disciplina acadêmica possui uma estrutura de conceitos articulada e organizada de maneira hierárquica através da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Esta estrutura é o sistema de informações de uma disciplina e pode ser representado através de um diagrama bidimensional, também chamado de mapa conceitual, visualizado na figura 3.3.3. onde as linhas grossas indicam a diferenciação progressiva e linhas finas simbolizam a reconciliação integrativa.

Em um sentido amplo, mapas conceituais são apenas diagramas indicando relações entre conceitos. Mais especificamente, no entanto, eles podem ser vistos como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou parte de uma disciplina. Ou seja, sua existência é derivada da estrutura conceitual de uma disciplina (MOREIRA, 1980).

Em princípio, esses diagramas podem ter uma, duas ou mais dimensões. Mapas unidimensionais são apenas listas de conceitos que tendem a apresentar uma organização linear vertical. Embora simples estes diagramas proporcionam apenas uma visão grosseira da organização conceitual de uma disciplina. Mapas bidimensionais, por outro lado, tiram partido não só da dimensão vertical, mas também da horizontal e, portanto, permitem uma representação mais completa das relações entre conceitos de uma disciplina. Mapas com um maior número de dimensões permitiriam uma representação ainda melhor dessas relações e possibilitariam a inclusão de outros fatores que afetam a estrutura conceitual da disciplina. Entretanto, mapas bidimensionais são mais simples e mais familiares. Além disso, mapas com mais de três dimensões não mais seriam representações concretas de estruturas conceituais e sim abstrações matemáticas de limitada utilidade para fins institucionais (MOREIRA, 1980).

Existem várias maneiras de traçar um mapa conceitual, isto é, existem diferentes modos de mostrar uma hierarquia conceitual num diagrama. Além disso, mapas conceituais traçados por diferentes especialistas numa mesma área provavelmente refletirão pequenas diferenças em compreensão e interpretação das relações entre os conceitos-chave dessa área. O ponto importante é que um mapa

conceitual deve ser sempre visto como "um mapa conceitual" e não "o mapa conceitual" de um dado conjunto de conceitos. Ou seja, qualquer mapa conceitual deve ser visto como apenas uma das possíveis representações de uma estrutura conceitual (MOREIRA, 1980).

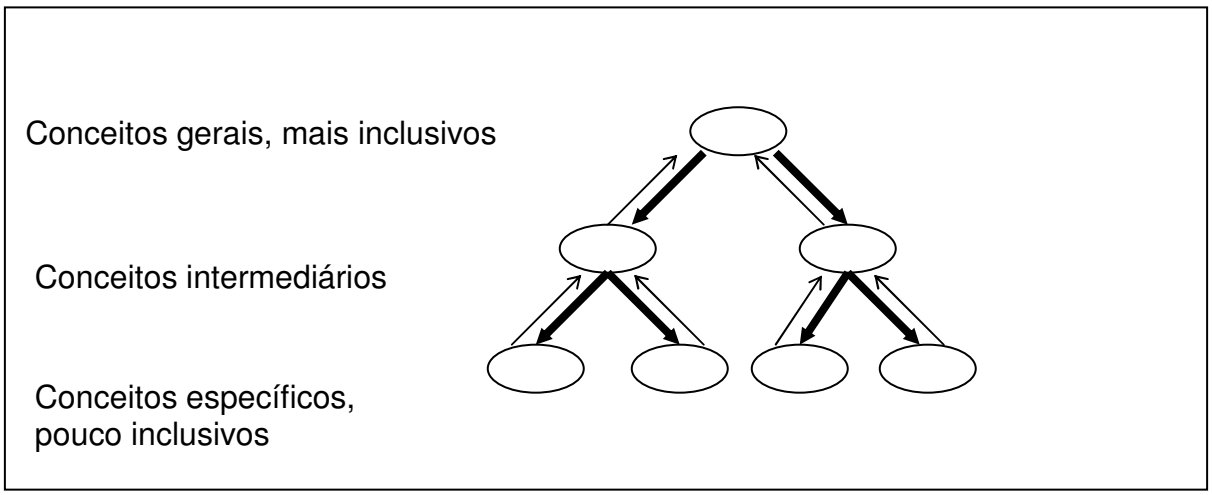


Fig. 3.3.3 Representação esquemática de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa (MOREIRA e MASINI,1982, NOVAK,1981).

Novak (1981) afirma que para atingir a reconciliação integrativa, deve-se organizar a instrução de modo a fazer um “sobe-desce” nas hierarquias conceituais, à medida que novas informações são apresentadas.

Pode-se começar com conceitos mais gerais, porém é necessário ilustrar logo como os conceitos subordinados estão a eles relacionados e então, voltar, através de exemplos, a novos significados para os conceitos de ordem superior (NOVAK, 1981, p.70).

Nesta afirmação se verifica a importância do uso de exemplos e seu potencial tanto de assimilação como na modificação de um conceito. Em relação ao uso de exemplos, Novak (1981) salienta que se devem selecionar exemplos suficientemente gerais, para ser significativos a uma ampla faixa de alunos, e ainda assim, específicos

para ocasionar alguma diferenciação progressiva. Mesmo aprendizes adultos precisam de alguma experiência concreta ao ingressar em uma nova área de estudo.

Esta organização hierárquica de acordo com um grau de abstração e generalização encontra-se presente na metodologia de projeto axiomático (descrita na seção 3.4). O processo de projeto é considerado como um processo de hierarquização (de um nível mais genérico para um nível mais detalhado ou específico) feito através de mapeamento entre domínios, de modo a desenvolver um processo de projeto onde se pode verificar a importância e influência de cada elemento no todo. Nesta metodologia pode-se considerar que o uso de matrizes pode estar relacionado à reconciliação integrativa e, o mapeamento entre domínios e a hierarquização podem estar relacionados à diferenciação progressiva.

3.4. Metodologia de projeto axiomático[13]

A abordagem axiomática se originou da necessidade de desenvolver as bases disciplinares para o ensino de projeto e manufatura no curso de engenharia mecânica, em 1977, quando seu criador foi convidado para instituir o centro para pesquisa e educação de manufatura no Massachusets Institute of Technology (MIT). Naquele momento, Suh observou que o estabelecimento da base científica, através da formulação de axiomas ou princípios seria a única maneira do campo de projeto e da manufatura serem transformados numa disciplina (SUH,1990).

A proposição básica da abordagem axiomática é que existe um conjunto fundamental de princípios que determinam uma boa prática de projeto, e que esta só pode ser refutada através de contra-exemplos que provem a falsidade dos axiomas.

[13] Texto retirado de GRAÇA, 2002a

Suh acredita que a hipótese de que o projeto não pode ser situado em bases científicas é desnecessária e incorreta, pois, na ausência de princípios ou axiomas, que possam ser utilizados como base ou referência, as decisões de projeto só podem ser realizadas em bases empíricas, o que impede a codificação e transmissão do conhecimento sobre o projeto14.

Os axiomas são declarações formais do que as pessoas sabem ou do conhecimento do que as pessoas fazem ou usam diariamente. Assim, o estabelecimento dos dois axiomas de projeto, surgiu da análise e da busca pelos elementos comuns de uma série de projetos.

A prática em projeto tem sido caracterizada como um processo criativo semelhante à arte. Os axiomas de projeto complementam e ajudam este processo criativo proporcionando uma ferramenta analítica para avaliar e selecionar as idéias.

O projeto se constitui em quatro aspectos principais: a definição do problema com a declaração coerente da questão, o processo criativo com a incorporação física de soluções, o processo analítico que determina se a solução é racional ou correta e uma checagem final da fidelidade do produto de projeto às necessidades originais (SUH,1990).

A definição do problema e o processo criativo são altamente subjetivos. Diferentes projetistas definem de modo peculiar o conjunto de requisitos e desenvolvem diferentes soluções para os mesmos requisitos. Este fato pode ser associado a diferentes paradigmas existentes na maneira de visualizar e desenvolver o mesmo problema. Por outro lado, o processo analítico é determinístico e baseado em um conjunto finito de princípios; neste processo foi inserida a base científica para o projeto.

[14] Acredita que o melhor desempenho na engenharia pode ser obtido com o direcionamento do processo de decisão em projeto através do uso de princípios fundamentais e metodologias adequadas

Após a definição do problema os processos criativo e analítico são desenvolvidos em conjunto uma vez que é necessário abandonar ou descartar uma idéia ruim rapidamente para permitir que o projetista crie outras idéias. Neste sentido os axiomas de projeto, que são os princípios básicos para a análise e tomada de decisão, ajudam o processo criativo. Na ausência de princípios básicos ou axiomas, o processo analítico fica inoperante e o projeto passa a ser tratado mais como um processo criativo misterioso do que como uma atividade sistemática ou racional.

A proposta da abordagem axiomática vem ao encontro do objetivo desta pesquisa que trata da importância de racionalizar o processo de projeto de modo a permitir a união de aspectos de conforto ambiental e de subáreas de projeto.

O processo de projeto se inicia com o reconhecimento de uma necessidade social que representa uma visão do problema. Este reconhecimento, que pertence ao domínio do cliente, pode ser feito com a utilização de métodos e técnicas que incluem a avaliação pós-ocupação, a pesquisa de "mercado" junto aos usuários, a consulta a especialistas envolvidos com o problema, entre outros.

Estes procedimentos geram uma série de informações que auxiliam no reconhecimento do problema e que são transformadas pelo projetista em requisitos funcionais que o objeto de projeto deve satisfazer.

O termo requisito funcional (RF) trata das características e limites (tolerância15) que o projetista estipula para que o produto atenda às necessidades sociais. Este termo possui um significado específico na metodologia de projeto axiomático, é definido como o mínimo conjunto de requisitos independentes que caracterizam o objeto de projeto (SUH,1990).

Os requisitos funcionais do projeto arquitetônico configuram a busca de soluções que satisfaçam a qualidade do ambiente construído com base no pivô do

[15] A tolerância caracteriza os limites aceitáveis de uma solução de projeto

processo: detectar as necessidades das pessoas que ocuparão o edifício. Como Requisitos Funcionais ("Functional Requirements" – FRs), dentro da teoria de Projeto Axiomático, entende-se estritamente os objetivos, propriedades e atributos a serem obtidos pelo processo de projeto. São os Requisitos Funcionais que determinam o alvo a que se pretende chegar ao final do processo, especificamente o que é almejado no edifício construído como respostas às necessidades identificadas. É a partir dos RFs que são obtidos as diretrizes para o programa arquitetônico (MONICE, 2003).

A metodologia de projeto axiomático direciona o processo de tomada de decisão à partir do reconhecimento do problema, considerando o projeto como um processo iterativo de hierarquização, realizado através do mapeamento entre os requisitos funcionais, que pertencem ao domínio funcional, e os parâmetros de projeto, que pertencem ao domínio físico e são considerados como a incorporação física dos requisitos funcionais. A partir deste ponto o processo projetual é direcionado pelos axiomas de projeto.

Reconhece-se que os requisitos funcionais e os parâmetros de projeto podem ser decompostos de maneira hierárquica, iniciando-se com níveis genéricos de decisão em direção ao seu detalhamento, o que reduz a complexidade do processo uma vez que o projetista limita suas decisões a um número reduzido de requisitos funcionais por vez.

A decomposição dos requisitos funcionais é feita passo a passo, isto é ao definir o requisito funcional (RF) em um determinado nível hierárquico, este só poderá ser decomposto quando for encontrada uma solução, um parâmetro de projeto (PP), que o satisfaça. Utilizando-se as denominações da metodologia de projeto axiomático diz-se que, o trabalho do projetista consiste em definir e decompor RFs e PPs de um dado nível hierárquico, "zigzagueando" (de maneira iterativa) entre os domínios funcionais e físico, conforme se verifica na figura 3.4.1.

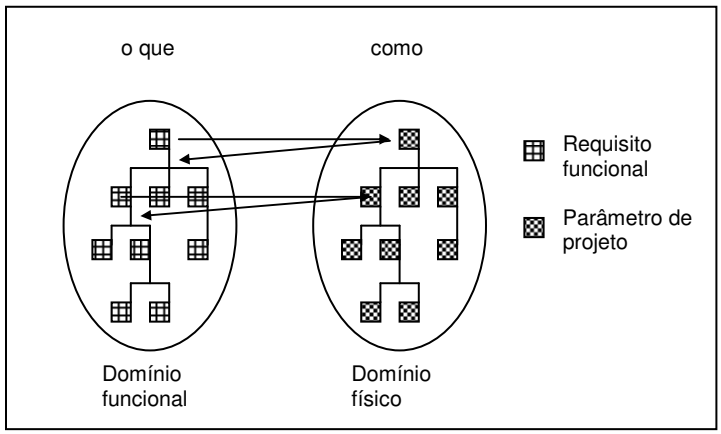


Fig. 3.4.1 Processo de projeto axiomático (GRAÇA, 2002a).

Este processo de decisão baseado no mapeamento entre requisitos funcionais e parâmetros de projeto e na hierarquização é direcionado por dois axiomas. O primeiro trata da relação entre os requisitos funcionais e os parâmetros de projeto indicando como decompô-los, o segundo trata da avaliação e complexidade de projetos. Estes axiomas podem ser declarados de diversas maneiras:

Axioma 1:

Mantenha a independência entre requisitos funcionais ou,

Em um projeto aceitável, a relação entre RF e PP deve permitir que o ajuste em um determinado PP para satisfazer o seu RF correspondente não afete outros requisitos funcionais.

Axioma 2:

Minimize o conteúdo da informação ou,

O melhor projeto possui funções desacopladas (respeita o axioma 1) e o menor conteúdo de informação.

Nota-se que a utilização do primeiro axioma (o da independência) permite a racionalização do processo de projeto e a representação das decisões efetuadas que são objetivos desta pesquisa. Já o segundo axioma (o da informação) permite um

critério de escolha entre os diversos projetos que obedecem ao primeiro axioma, e também racionaliza o projeto, uma vez que, o critério de avaliação permeia todo o processo de projeto.

Dos dois axiomas foram derivados oito corolários, que são considerados como regras práticas de projeto que auxiliam na tomada de decisão. Também foram demonstrados dezesseis teoremas16

Com o uso do axioma da independência os projetos podem ser classificados em três grupos: desacoplado, acoplado e desacoplável. O projeto desacoplado satisfaz o axioma uma vez que permite a definição de funções sem alterar outras; o projeto acoplado viola o axioma pois uma função depende da outra e qualquer ajuste altera várias funções o que é denominado de situação de compromisso; já o projeto desacoplável permite ajustes considerando-se uma seqüência (mais informação) que não viole o axioma da independência.

O projeto definido como um processo de mapeamento entre os requisitos funcionais e parâmetros de projeto pode ser representado pela equação 1 ou 2, onde o vetor {RF} representa o conjunto de requisitos funcionais composto por m componentes, o vetor {PP} o conjunto de parâmetros de projeto composto por n componentes e [A] a matriz de projeto que indica os relacionamentos existentes entre os RFs e PPs e caracteriza o projeto em relação ao axioma da independência isto é, identifica se o projeto é acoplado, desacoplado ou desacoplável.

$$\{RF\} = [A]\{PP\} \quad \text{ou} \quad RF_i = \sum A_{ij} PP_j \qquad \text{eq. 1}$$

$$\begin{Bmatrix} RF_1 \\ RF_2 \\ \vdots \\ RF_m \end{Bmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{21} & \dots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & \dots & A_{mn} \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} PP_1 \\ PP_2 \\ \vdots \\ PP_n \end{Bmatrix}$$

$$RF_1 = A_{11}PP_1 + A_{12}PP_2 + A_{1n}PP_n$$

$$RF_2 = A_{21}PP_1 + A_{22}PP_2 + A_{2n}PP_n$$

$$RF_m = A_{m1}PP_1 + A_{m2}PP_2 + A_{mn}PP_n \qquad \text{eq. 2}$$

[16] Acredita-se que a descrição dos axiomas é suficiente para a compreensão genérica da metodologia de projeto axiomático, por esta razão não serão descritos os corolários e teoremas que podem ser encontrados em SUH, 1990

Os elementos da matriz podem ser representados pelo valor zero quando não existe nenhuma relação entre o requisito funcional m e o parâmetro n ou por outro valor quando existe essa relação. O projeto desacoplado possui os elementos da diagonal da matriz com valores grandes, o que indica uma relação forte com os parâmetros correspondentes e todos os outros elementos com valores iguais ou próximos a zero como se verifica na figura 3.4.2.

$$\begin{Bmatrix} RF_1 \\ RF_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} a & 0 \\ 0 & b \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \end{Bmatrix} \qquad \begin{matrix} RF_1 = aPP_1 \\ RF_2 = bPP_2 \end{matrix}$$

Fig. 3.4.2 Exemplo de projeto desacoplado

Observa-se pela figura 3.4.2 que o projeto do tipo desacoplado satisfaz o axioma da independência uma vez que a independência entre RFs se mantêm quando cada parâmetro muda. Isto é, o RF1 pode ser realizado mudando-se o PP1 sem alterar o RF2.

Para facilitar a representação do projeto, a metodologia utiliza o diagrama de junção modular, que representa as junções dos módulos terminais de cada nível hierárquico, e o diagrama de fluxo, que representa a seqüência de desenvolvimento dos módulos de projeto, visualizados na figura 3.4.3. Os Módulos representam a relação existente entre os parâmetros de projeto e os respectivos requisitos funcionais em um determinado nível hierárquico; correspondem, portanto, à linha da matriz de cada requisito funcional. São considerados terminais quando não necessitam de uma maior decomposição.

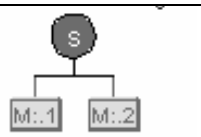
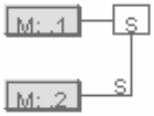
	

Diagrama de junção modular. No caso do projeto desacoplado a junção é feita pela soma dos módulos	Diagrama de fluxo. No caso do projeto desacoplado os módulos podem ser desenvolvidos em paralelo.

Fig. 3.4.3 Diagrama de junção e de fluxo do projeto desacoplado

Na prática de projetos arquitetônicos, um parâmetro de projeto pode se relacionar ou influenciar diversos requisitos. O que se faz necessário é verificar o grau desta influência ou desta relação. No projeto desacoplado cada requisito funcional terá apenas um parâmetro "controlador" definido com uma relação forte que permita o seu controle e poderá ter outros com um grau de relacionamento muito fraco (próximo a zero) de maneira que a alteração destes parâmetros com fraco relacionamento mantenha o requisito dentro da tolerância especificada.

O projeto do tipo acoplado possui todos os elementos da matriz com valores grandes, o que indica a existência de relação forte entre todos os parâmetros e requisitos como se verifica na figura 3.4.4.

$$\begin{Bmatrix} RF_1 \\ RF_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} PP_1 \\ PP_2 \end{Bmatrix} \quad \begin{matrix} RF_1 = aPP_1 + bPP_2 \\ RF_2 = cPP_1 + dPP_2 \end{matrix}$$

Fig. 3.4.4 Exemplo de projeto acoplado

Observa-se pela figura 3.4.4 que o projeto do tipo acoplado viola o axioma da independência uma vez que alterando-se qualquer parâmetro de projeto modificam-se todos os requisitos funcionais, de tal maneira que esta alteração viole a tolerância especificada para os requisitos.

Finalmente o projeto do tipo desacoplável possui os elementos da matriz localizados na diagonal e os elementos situados acima ou abaixo da diagonal com valores diferentes de zero, ou seja, a matriz é triangular como se verifica na figura 3.4.5.

$$\begin{Bmatrix} RF_1 \\ RF_2 \end{Bmatrix} = \begin{pmatrix} a & 0 \\ b & c \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} PP_1 \\ PP_2 \end{Bmatrix} \quad \begin{matrix} RF_1 = aPP_1 \\ RF_2 = bPP_1 + cPP_2 \end{matrix}$$

Fig. 3.4.5 Exemplo de projeto desacoplável

Observa-se pela figura 3.4.5 que o projeto do tipo desacoplável respeita o axioma da independência, desde que os ajustes sejam controlados por uma seqüência. Neste exemplo primeiro define-se o RF1 através do PP1 e depois o RF2 modificando-se apenas o PP2 o que não interfere com o RF1.

Esta seqüência pode ser representada considerando-se os módulos terminais de projeto representados no diagrama de junção modular e o diagrama de fluxo, visualizados na figura 3.4.6.

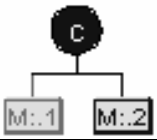
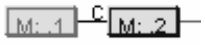
	

Diagrama de junção modular. No caso do projeto desacoplavel a junção é feita pela combinação dos módulos	Diagrama de fluxo. No caso do projeto desacoplavel os módulos são desenvolvidos considerando-se uma seqüência: Primeiro o Módulo 1 depois o Módulo 2.

Fig. 3.4.6 Diagrama de junção e de fluxo do projeto desacoplável

No projeto desacoplável um determinado requisito funcional poderá possuir diversos parâmetros com relacionamento forte e pelo menos um parâmetro "controlador" que permita o ajuste do requisito funcional correspondente dentro dos limites especificados. Este parâmetro controlador será o último a ser especificado, uma vez que o requisito funcional correspondente pode sofrer influência de outros

parâmetros e que o controle só será efetivo quando os outros parâmetros associados já estejam definidos e não se modifiquem mais.

O axioma da independência racionaliza o projeto, uma vez que o projetista passa a identificar e representar a relação existente entre o requisito funcional e o parâmetro de projeto. Este processo representado através da hierarquização dos domínios funcional e físico permite ao projetista identificar qual decisão está tomando e qual a conseqüência desta decisão para o projeto como um todo.

O axioma da informação se relaciona a quantidade de informação gerada para se produzir o produto. No caso do projeto arquitetônico geralmente as informações para a construção de um edifício se referem a desenhos e memoriais descritivos. Pode-se dizer que um projeto demasiadamente restritivo em termos de sua implementação irá gerar maior informação, uma vez que, a tolerância pequena estipulada pelo projetista para satisfazer um RF pode gerar uma incorporação física (PP) única, que precise de um grande detalhamento (informação) para ser confeccionado, isto geralmente é acompanhado de um maior custo financeiro. Se for possível solucionar este mesmo RF com menor informação, este projeto terá maior probabilidade de ser realizado.

Observa-se que o axioma da informação racionaliza o projeto, pois alerta o projetista da necessidade de vincular o projeto com a sua implementação. De posse deste axioma o projetista passa a escolher parâmetros que diminuam a complexidade executiva isto é considerando a tecnologia local disponível.

A metodologia de projeto axiomático supõe que existem diversos parâmetros e variações destes parâmetros físicos (soluções) que podem controlar um requisito funcional. Cabe ao projetista escolhê-los de modo a manter a independência. Assim, ao se deparar com um projeto acoplado, o projetista pode:

- definir (escolher dentro das diversas opções) outros parâmetros de controle do requisito a fim de evitar uma situação de compromisso.

- unir as funções e seguir com a hierarquização optando-se por uma solução desacoplável ou desacoplada com o detalhamento do projeto em níveis hierárquicos inferiores.

- caso realmente não seja possível se evitar uma situação de compromisso para algumas funções, realizar a otimização destas funções a fim de encontrar soluções de compromisso em um determinado nível hierárquico, e após optar por um partido, continuar o projeto com o uso da metodologia axiomática.

O uso desta metodologia antes de restringir a forma com que o projeto arquitetônico é concebido, permite a estruturação e o mapeamento do processo durante seu desenvolvimento. Isso possibilita ao menos três vantagens imediatas: elucidar os pontos críticos do processo no instante exato em que o conflito entre as diversas partes do sistema aparece e não após a conclusão do projeto, onde os danos podem ser irreversíveis; facilitar a abordagem da questão de projeto, nos diferentes campos a que ele se destina e finalmente, possibilitar a reutilização das informações anteriores em futuros projetos similares, possibilitando um enriquecimento crescente das bases de dados relativas a áreas específicas de projeto e que em um estágio inicial de concepção ampara e incorpora a massa crítica para a criação de uma arquitetura saudável (MONICE,2003).

A teoria de projeto axiomático foi aplicada por MONICE (2003), em um exemplo de arquitetura, que concluiu por uma melhoria no gerenciamento e estímulo das idéias criativas da fase inicial de projeto. A explicação desta melhoria foi: a teoria fornece uma visão ampla da questão de projeto em vários aspectos, auxilia na verificação das relações e implicações das decisões de projeto, bem como, na percepção de quais são os pontos que podem ser executados simultaneamente ou que necessitam de uma hierarquia de execução.

Para constituir um método de avaliação de projeto para conjuntos habitacionais de interesse social, KOWALTOWSKI et al (2003) no estudo de métodos de projeto considerou ao Método Axiomático ressaltando que o procedimento lógico, onde os projetistas avançam passo-a-passo na tomada de decisões, também deveria

acrescentar coerência ao processo. O método axiomático é visto como uma importante contribuição para a inclusão de dados qualitativos e para estruturar uma grande quantidade de informações para enriquecer o processo. A documentação do processo de decisão dá transparência ao processo de projeto e permite o registro da informação, evitando conflitos e insatisfações entre os usuários do produto final. Apesar do fato de que a subjetividade é inerente ao processo de projeto, um procedimento metodológico é importante para aumentar as bases científicas do projeto.

GRAÇA (2002a) considerou o estudo do desenvolvimento de projetos e do ambiente construído para escolas de educação infantil e constatou a necessidade de sistematizar as informações geradas durante o processo de projeto e a necessidade de criar vincular a tomada de decisão em projeto às necessidades do usuário. A implementação investigativa da metodologia do projeto axiomático permitiu a elaboração de um processo de projeto que racionalizou o processo e a informação gerada, permitiu flexibilidade e união de forma clara as decisões de projeto à prática pedagógica. Além disso, a metodologia permitiu,ainda, a organização do trabalho em diversas equipes.

Acredita-se que, embora diferentes projetistas definam de modo peculiar o conjunto de requisitos (funções) e desenvolvem diferentes parâmetros de projeto (variáveis), é possível através do uso da metodologia de projeto axiomático, delinear a importância (funções) de cada conforto e o que isto significa na incorporação física do projeto. Neste momento, serão indicadas funções genéricas (requisitos funcionais) de cada conforto e diretrizes (parâmetros de projeto) que podem ser considerados como mapas conceituais.

3.5. Funções e definições do conforto ambiental

Nesta pesquisa assume-se que no desenvolvimento de um projeto de prédio escolar, o conforto térmico, o acústico e o visual são prioritários e devem ser considerados como fundamentos de projeto. Como já citado, a falta destes confortos prejudica a aprendizagem que é a função principal de uma escola.

Pode-se dizer que a importância destes confortos irá depender das funções que lhe são atribuídas. Para a elaboração desta parte, optou-se por trabalhar cada aspecto de conforto com o mapeamento entre requisitos funcionais e parâmetros de projeto da metodologia de projeto axiomático17 (SUH,1998).

Faz-se importante ressaltar que são formulados a hierarquização e o mapeamento genérico de funções e parâmetros relacionados a aspectos de conforto acústico, térmico e visual, esta formulação tem caráter pessoal e deve ser considerada como uma possível representação, não necessariamente a única ou a melhor.

3.5.1 Funções e definições do conforto acústico

Ao assumir que no desenvolvimento do projeto de escola o conforto acústico é uma prioridade para a formação de ambiente de educação, pois sua falta prejudica a aprendizagem, se coloca como função genérica proporcionar qualidade sonora para a escola (RF1) e se tem como parâmetro de projeto o desenvolvimento de projeto de acústica (PP1).

A qualidade sonora ou desempenho acústico de uma escola está relacionado com a capacidade de proporcionar aos seus usuários condições adequadas para

[17] Neste momento não serão desenvolvidas matrizes de projeto. Estas serão realizadas na aplicação da metodologia na seção 6.1

realizar normalmente suas atividades, destaca-se neste sentido a comunicação verbal entre pessoas.

> "Ao dar forma e volume aos espaços, o arquiteto tem como elemento básico de trabalho a superfície. As formas e materiais adotados têm influência no comportamento do som, determinando o desempenho acústico do ambiente..." (SOUZA, ALMEIDA e BRAGANÇA, 2003, p.34)

Nos estudos de avaliação pós-ocupação em escolas observa-se problemas acústicos, que prejudicam a qualidade sonora, fruto de ruídos do entorno do terreno (ruas com tráfego intenso), interferência de sons entre ambientes (salas de aula próxima ao pátio ou a corredor largo e extenso) e ruído interno e tempo de reverberação prolongado (KOWALTOWSKI et al 2001, ORNSTEIN e BORELLI, 1996).

Destas avaliações pode-se definir as funções ou requisitos funcionais (RFs) para alcançar um bom desempenho acústico no projeto de escola: Amenizar os ruídos externos (RF1.1), amenizar a interferências de sons e ruídos entre ambientes da escola (RF1.2), reduzir a reverberação dentro do ambiente (RF1.3).

Para escolha dos parâmetros de projeto se tem como diretriz: Estudo acústico do local de implantação do projeto (PP1.1), classificação acústica das atividades e agrupamento (PP1.2), tratamento do ambiente (dimensões, formato e materiais)(PP1.3).

Estas funções e parâmetros de projeto são representados pelo mapeamento da figura 3.5.1.1. Onde se vê que:

1- Para satisfazer a função de amenizar os ruídos externos (RF1.1) o projetista terá que fazer o estudo acústico do local de implantação do projeto (PP1.1).
2- As sub-funções para a elaboração do estudo do local de implantação são evitar a interferências de fontes de ruído externo (RF1.1.1) e controlar o ruído externo (RF1.1.2) onde o projetista estará definindo, respectivamente, o posicionamento

da edificação e aberturas (PP1.1.1) e barreiras acústicas e elementos externos do/ao prédio (PP1.1.2). Nestas sub-funções observa-se que o RF1.1.2 só será desenvolvido se a situação real de projeto não puder ser resolvida com o RF1.1.1.

3- Para amenizar a interferências de sons e ruídos entre ambientes da escola (RF1.2) deve-se classificar a acústica das atividades e agrupá-las (PP1.2)

4- Para reduzir a reverberação dentro do ambiente (RF1.3) deve-se prever o tratamento do ambiente considerando-se suas dimensões, formato e materiais (PP1.3)

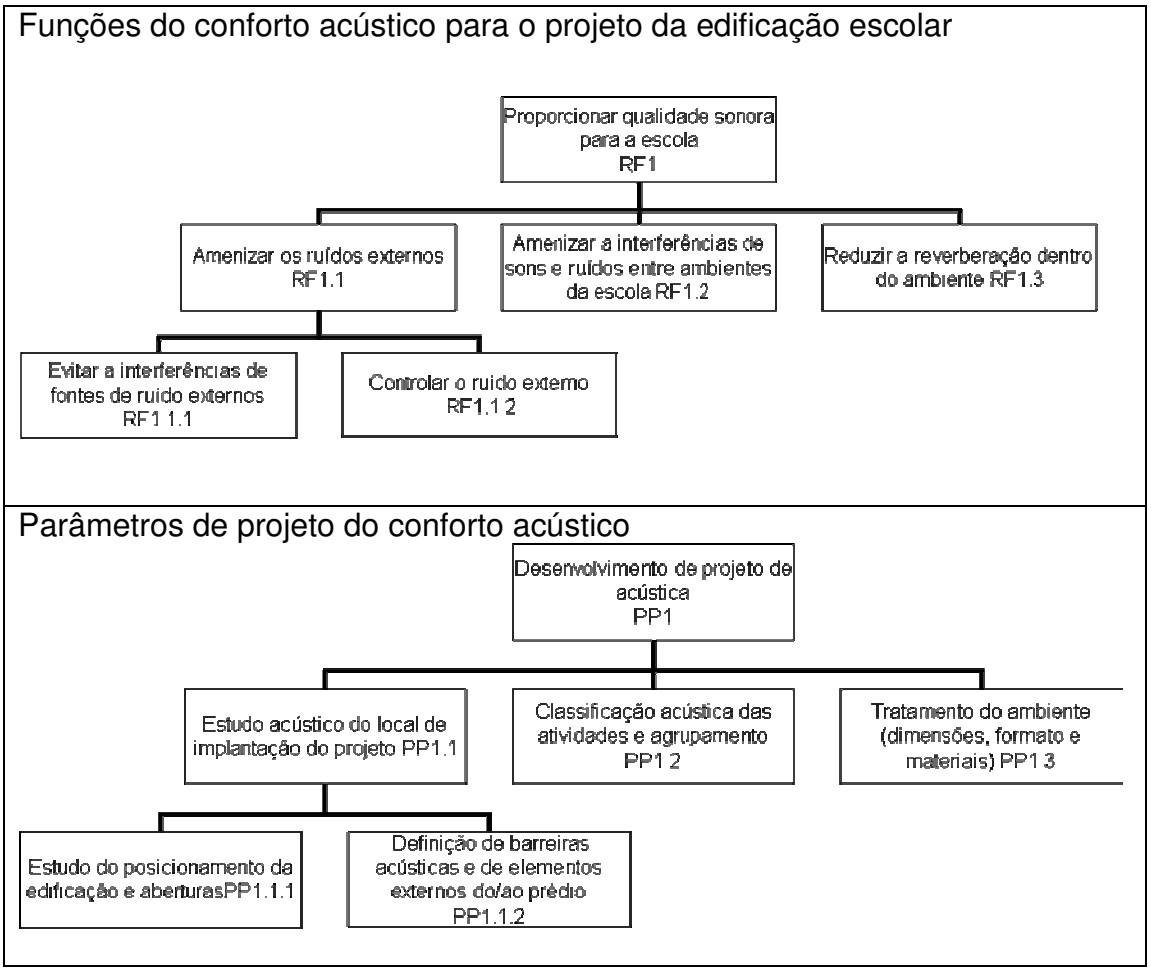


Fig. 3.5.1.1: Funções e parâmetros de conforto acústico para escolas

A importância das definições do conforto acústico aparece em várias fases do projeto, desde os primeiros croquis com o estudo de posicionamento tentando-se evitar o ruído externo até o detalhamento com a definição de materiais para o isolamento e isolação dos ambientes. Estas definições também dependem da escolha do lote.18

Cada um desses parâmetros de projeto requer decisões que podem estar pautadas na experiência do projetista e em cálculos da física. O conhecimento destes cálculos influencia as decisões iniciais e vice-versa. Por exemplo, o estudo do posicionamento da edificação pode se basear na vivência do projetista com o tipo específico do terreno e seu entorno, estas decisões influenciam o parâmetro de projeto de tratamento do ambiente que requer decisões de materiais de acabamento, dimensões e da forma do ambiente. Ambas as decisões afetam os cálculos físicos.

Os requisitos funcionais RF1.1- amenizar os ruídos externos e RF1.2-amenizar a interferências de sons e ruídos entre ambientes da escola, relacionam-se à parte da acústica chamada de controle e prevenção de ruídos que é dividida em ruídos externos à edificação e ruídos internos à edificação.

O requisito funcional RF1.3- reduzir o tempo de reverberação dentro do ambiente, já trata da inteligibilidade no interior de cada ambiente, isto é após ter definido e amenizado os efeitos dos ruídos entre ambientes e entorno, procura-se proporcionar qualidade acústica de acordo com o uso de cada ambiente. Esta parte envolve a definição, por parte do projetista, do formato e dimensão do ambiente, da utilização de materiais de construção considerando-se sua capacidade de isolar e absorver som (AMORIM,2007).

Nas definições de qualidade sonora para as salas de aula deve-se buscar a distribuição sonora homogênea, tempo de reverberação adequado, boa inteligibilidade do som e ausência de interferência de ruídos externos sobre o som de interesse,

[18] As questões referentes a escolha do lote não são tratadas nesta tese.

geralmente a fala (no caso de escolas problemas com o ruído do ventilador são citados).

3.5.2 Funções e definições do conforto térmico

Ao assumir que no desenvolvimento do projeto de escola o conforto térmico é uma prioridade para a formação de ambiente de educação, pois sua falta prejudica a aprendizagem, se coloca como função genérica proporcionar conforto térmico para a escola e se tem como parâmetro de projeto (solução) o desenvolvimento de projeto de térmico.

O conforto térmico de uma escola está relacionado com a capacidade de proporcionar aos seus usuários condições adequadas para realizar normalmente suas atividades, consoante Rivero tem-se que:

> "...o conforto térmico das pessoas, que tem enorme influência em sua saúde e em seu rendimento, vai depender exclusivamente dos conhecimentos e da preocupação do arquiteto para conseguir um melhor comportamento térmico da envolvente."

> "... (O calor) não conhece barreiras e só é possível opor-lhe resistências de eficácia variável, mas nunca impedir totalmente sua transmissão. Devemos imaginar que ao redor de nós ocorrem processos contínuos de transmissão de calor como produto das diferenças de temperaturas provocadas por fontes como radiação solar, o próprio corpo humano ou qualquer aparelho gerador de calor. (RIVERO, 1986 p.14, 15)

Observa-se que as funções principais do projeto térmico devem ser realizadas através do conhecimento destas trocas térmicas, sendo o local de implantação e o conhecimento dos dados climáticos de grande importância.

Nos estudos de avaliação pós-ocupação observam-se problemas térmicos referentes à orientação das salas de aula (leste ou oeste), temperaturas elevadas no período da tarde no verão nas salas de aula e temperaturas baixas no período de inverno, pátios com grande exposição ao vento e falta de proteção contra insolação, insolação direta sobre os usuários das salas de aula (KOWALTOWSKI et al 2001, ORNSTEIN e BORELLI, 1996). Estes problemas poderiam ser amenizados se o projetista tivesse realizado uma análise térmica do projeto.

RIVERO (1986, p.154), apresenta um procedimento de análise que inclui no desenvolvimento de projeto as questões térmicas. Divide os procedimentos nas fases de programa, anteprojeto e projeto.

Para o programa indica:

1- A análise de cada espaço considerando-se a atividade, o horário de ocupação e hierarquizando-se prioridades.
2- Levantamento visual do entorno considerando-se fatos que possam afetar a radiação solar ou a ventilação
3- Levantamento dos dados principais do clima (temperaturas máxima e mínima, umidade relativa do ar, direção e velocidade predominante do vento).
4- Análise da necessidade e possibilidade econômica do uso de instalações térmicas.

Para o anteprojeto indica:

1- Estudo da forma e orientação do volume do prédio
2- Definir localização dos espaços de acordo com a hierarquização realizada no programa
3- Definir o tratamento dos espaços exteriores
4- Determinar os parâmetros principais da estrutura térmica do edifício.
5- Estabelecer critério sobre a proporção de área envidraçada e os métodos de proteção.

6- Estabelecer critério de ventilação por razões higiênicas e térmicas. Assegurar a ventilação cruzada.
7- Estudo da insolação dos planos e espaços

Para o projeto indica:

1- Especificar materiais, espessuras e procedimentos para os fechamentos opacos com base nos coeficientes de absorção, emissividade, resistência térmica e amortecimento.
2- Definir os fechamentos transparentes e os tipos de proteção considerando os períodos de frio e calor.
3- Definir os sistemas de ventilação higiênica e de verão (superfície de entrada e saída, área e formas de abrir os dispositivos, divisórias internas que facilitem a ventilação cruzada).
4- Definir elementos de construção e vegetação para os espaços exteriores.

Não se pode esquecer no caso das escolas do período de funcionamento, do período de férias, da quantidade de alunos por classe, do tipo de atividade realizada e do tipo de vestimenta utilizada. Estes fatores afetam os intercâmbios térmicos e a escolha de soluções de projeto.

Destes procedimentos e das avaliações pós-ocupação pode-se definir as funções ou requisitos funcionais (RFs) para alcançar um bom desempenho térmico no projeto de escola: Amenizar a radiação solar do edifício como um todo (RF2.1), Controle da ventilação (RF2.2), Controle da radiação solar (RF2.3) e proporcionar conforto térmico no entorno da edificação (RF2.4).

Para escolha dos parâmetros de projeto se tem como diretriz: o estudo da forma e orientação do volume do prédio (PP2.1), definir aberturas (PP.2.2), Definir elementos de proteção para a radiação solar (PP2.3) e definir elementos de construção e vegetação do entorno (PP2.4).

Estas funções e parâmetros de projeto são representados pelo mapeamento da figura 3.5.2.1.19 Onde se vê:

1- Para amenizar a radiação solar do edifício como um todo (RF2.1) o projetista terá que lidar com o estudo da forma e orientação do volume do prédio (PP2.1)
2- Para controlar a ventilação (RF2.2) terá que definir as aberturas (PP2.3)
3- As sub-funções para controlar a ventilação são: permitir a troca de ar de acordo com a atividade desenvolvida (RF2.2.1) e possibilitar a ventilação higiênica (RF2.2.2), onde o projetista estará definindo, respectivamente, o tamanho e localização das aberturas (PP2.2.1) e os sistemas de ventilação (PP 2.2.2)
4- Para controlar a radiação solar (RF2.3) o projetista terá que definir os elementos de proteção (PP2.3)
5- As sub-funções para controlar a radiação solar são: amenizar a radiação solar nos planos horizontais (RF2.3.1), amenizar a radiação solar nos fechamentos transparentes (RF2.3.2) e amenizar a radiação solar nos fechamentos opacos (RF2.3.3) para tais funções, o projetista estará definindo, respectivamente, forma e material de cobertura (PP2.3.1), tipos de proteção para os fechamentos transparentes (PP2.3.2) e cor, textura, espessura e materiais dos fechamentos opacos (PP2.3.3)
6- Para proporcionar conforto térmico no entorno da edificação (RF2.4) o projetista deverá definir elementos de construção e vegetação (PP2.4).

[19] As funções e parâmetros de projeto neste momento são genéricos, faz-se importante ressaltar a necessidade de se verificar o local e o clima específico de implantação de projeto.

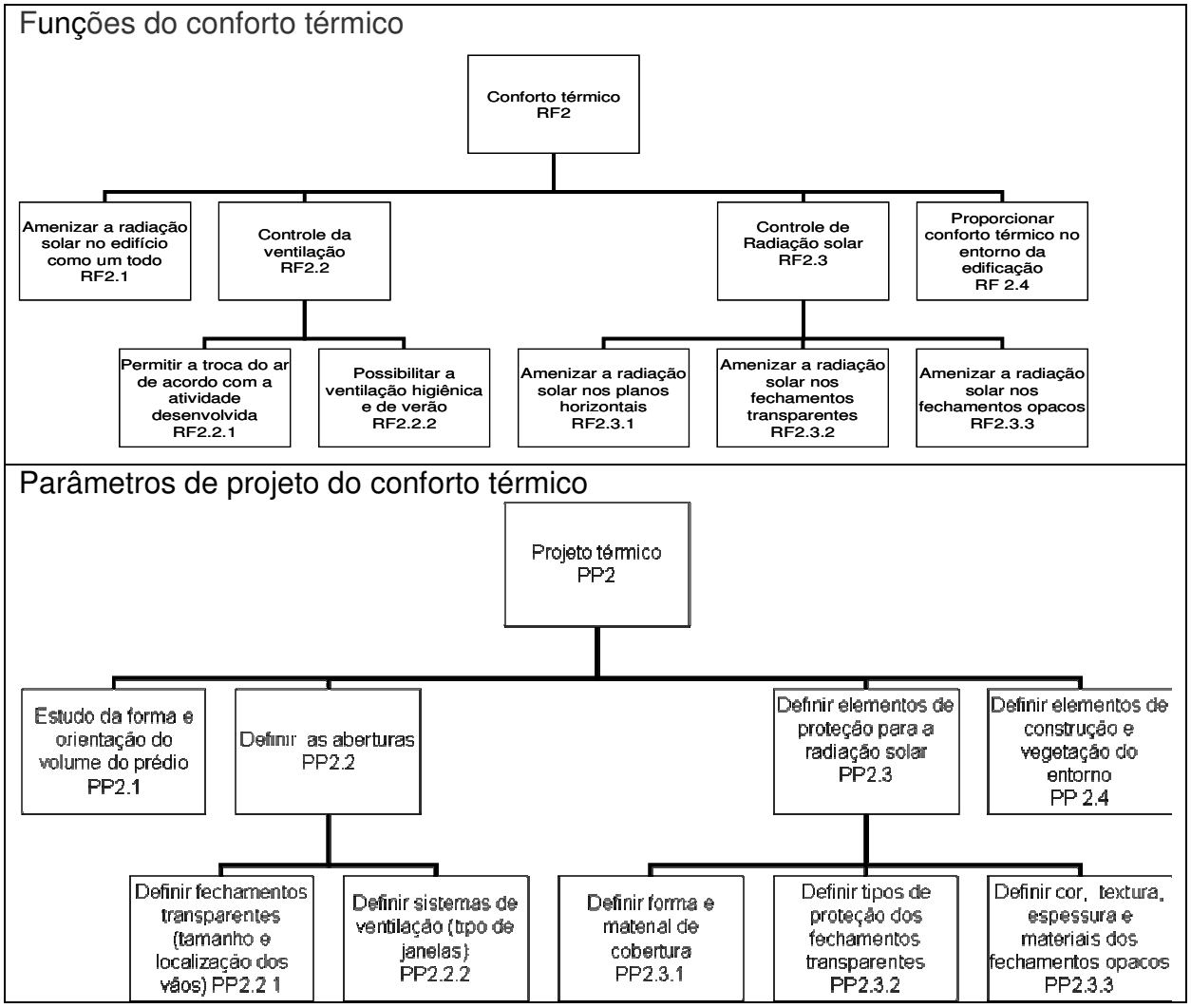


Fig. 3.5.2.1 Funções e Parâmetros do conforto térmico.

A importância das definições do conforto térmico aparece em várias fases do projeto, desde os primeiros croquis com o estudo da forma e posicionamento do volume do prédio, tentando-se amenizar a radiação solar que incide no edifício até o detalhamento com a definição de materiais de fechamento e detalhamento de caixilhos.

Assim como no conforto acústico, observa-se que cada um desses parâmetros de projeto requer decisões que podem estar pautadas na experiência do projetista e em cálculos da física. Mesmo que exista o conhecimento do projetista adquirido pela sua

vivência, é importante ressaltar que alguns parâmetros físicos devem ser checados, pois auxiliam a ratificar ou retificar esta vivência.

3.5.3 Funções e definições do conforto visual

Ao assumir que no desenvolvimento do projeto de escola o conforto visual é uma prioridade para a formação de ambiente de educação, pois sua falta prejudica a aprendizagem, se coloca como função genérica proporcionar conforto visual para a escola e se tem como parâmetro de projeto (solução) o desenvolvimento de projeto de conforto visual. Segundo Corbella e Yannas, 2003 tem-se que:

> Então, se diz que se está em conforto visual quando se vê bem, quando não se tem nenhum incômodo visual no ambiente, quando o nível de iluminação que se precisa para ver os detalhes é correto, quando não se tem grandes contrastes de luz que obrigue a forçar a vista, nem ofuscamento produzido por zonas de iluminação exagerada em relação ao resto do local, nem reflexos que produzam distúrbios visuais (p.235).

O conforto visual de uma escola está relacionado com a capacidade de proporcionar aos seus usuários condições adequadas para realizar normalmente suas atividades. O nível de iluminação que um espaço deve ter depende da solicitação visual que os seus usuários vão ter, isso é, do tipo ou finalidade a realizar e da idade das pessoas que o utilizam. As atividades mais precisas e minuciosas requerem um nível mais alto de luz.

A distribuição da luz no ambiente interno depende de um conjunto de variáveis: a disponibilidade da luz natural, as obstruções externas, o tamanho, a orientação, a posição e detalhes de projeto das aberturas, características óticas dos envidraçados, tamanho e geometria do ambiente e refletividade das superfícies internas (NBR15215-2:2005). A eficiência da luz natural depende da iluminação da abóbada celeste, do

ângulo de incidência da luz, da cor empregada no ambiente e da cor e natureza dos vidros por onde penetra a luz (NETO, 1980).

A utilização correta da iluminação natural nos climas tropicais úmidos reduz de forma significativa a utilização de luz elétrica, uma vez que, a característica deste clima permite uma iluminação natural durante quase todo o período diurno anual. Uma iluminação natural correta melhora a satisfação do usuário do ambiente e diminui o consumo de energia (SCARAZZATO,1996). Deve-se lembrar dos problemas causados pela entrada excessiva de luz e de radiação solar direta em um projeto de iluminação natural nos trópicos.

Nos estudos de avaliação pós-ocupação de escolas, realizados em São Paulo, observa-se problemas de iluminação, que prejudicam o conforto visual, fruto de: distribuição não uniforme da iluminação, nível de iluminação fora das recomendações, manutenção precária das lâmpadas, utilização padronizada de lâmpadas independente do tamanho da sala, iluminação natural insatisfatória e ofuscamento no plano de trabalho e lousa, (KOWALTOWSKI et al 2001, ORNSTEIN e BORELLI, 1996).

Destas avaliações e definições de conforto visual pode-se elencar as funções ou requisitos funcionais (RFs) para alcançar um bom conforto visual no projeto de escola: Garantir a Iluminação adequada com a função do ambiente (RF3.1) e Utilizar a iluminação natural (RF3.2) Para escolha dos parâmetros de projeto se tem como diretriz: escolha do sistema de iluminação artificial (PP3.1) e estudo da iluminação natural (PP3.2).

Estas funções e parâmetros de projeto são representados pelo mapeamento da figura 3.5.3.1. Onde se vê que:

1- Para satisfazer a função de garantir a Iluminação adequada com a função do ambiente (RF3.1) o projetista terá que escolher o sistema de iluminação artificial (PP3.1).

2- As sub-funções para utilizar a iluminação natural são: possibilitar o uso de luz natural de acordo com a função do ambiente (RF3.2.1), permitir a passagem de luz pelas aberturas (RF3.2.2), evitar o ofuscamento direto (RF3.2.3) e evitar o ofuscamento por reflexão de superfícies (RF3.2.4) onde o projetista estará definindo, respectivamente, a orientação dos ambientes e tipo de abertura (PP3.2.1), tipo de caixilho e materiais transparentes (PP3.2.2), o emprego de anteparos (PP3.2.3) e as cores dos ambientes (PP3.2.4).

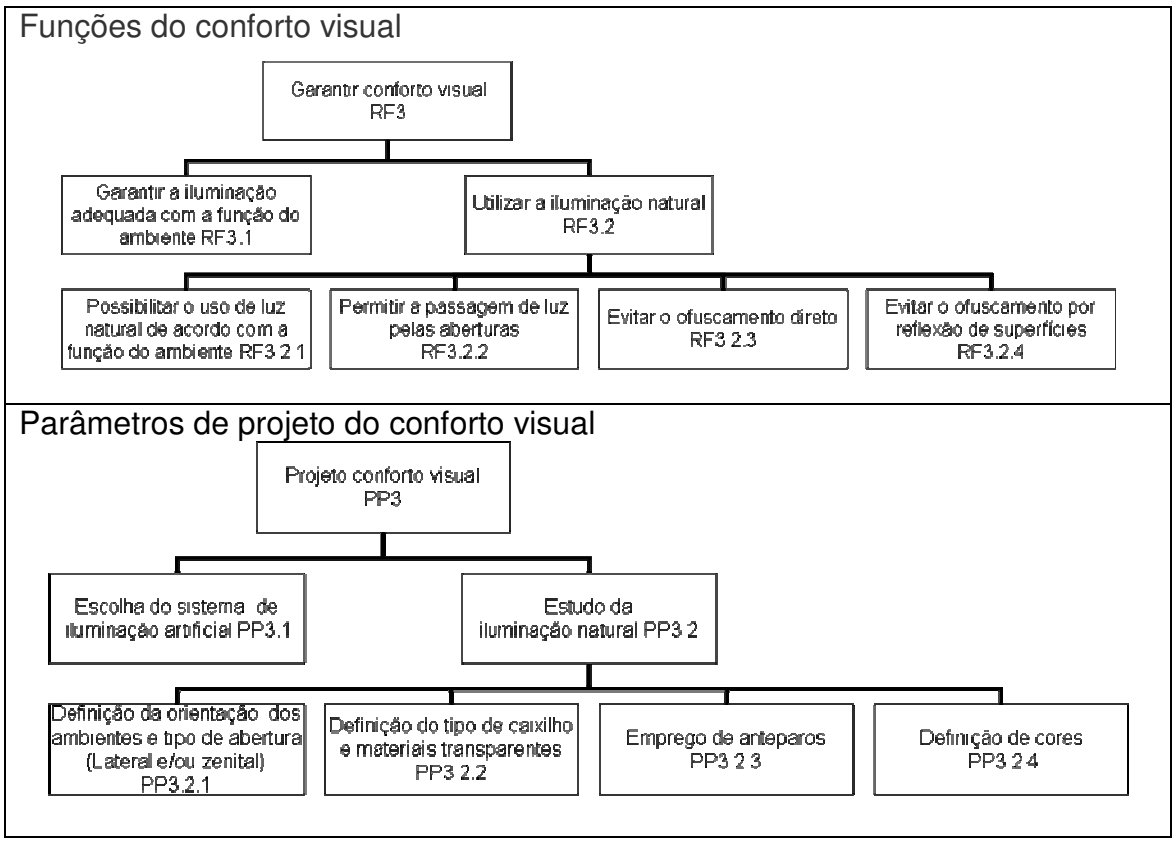


Fig.3.5.3.1 Funções e Parâmetros do conforto visual.

A importância das definições do conforto visual aparece em várias fases do projeto, desde os primeiros croquis com o estudo da orientação dos ambientes e definição do tipo de aberturas, tentando-se definir orientações que permitam uma maior entrada de luz natural difusa nos ambientes, até o detalhamento com a definição de cores dos ambientes e materiais transparentes.

Assim como no conforto acústico e térmico, observa-se que cada um desses parâmetros de projeto requer decisões que podem estar pautadas na experiência do projetista e em cálculos da física. Mesmo que realmente exista o conhecimento do projetista adquirido pela sua vivência, é importante ressaltar que a simulação computacional e métodos que auxiliam os cálculos de iluminação natural podem ser utilizados para comparar soluções e tomar decisões. Além deste fato, ressalta-se também, que modelos em escala reduzida podem ser utilizados, uma vez que, os fenômenos de iluminação são bem reproduzidos nestes modelos (HOPKINSON, PETHERBRIDGE e LONGMORE, 1975).

3.6 Processo de projeto realizado pela Fundação de Desenvolvimento Educacional (FDE) e alguns escritórios de arquitetura.

Os empreendimentos de projeto geralmente são únicos, por esta razão possuem um grau de incerteza e sua organização, usualmente, é realizada através da divisão em fases de projeto de modo a controlar e gerenciar melhor as informações. As fases de projeto são reconhecidas como o ciclo de vida de projeto (PMI, 2006)[20].

Cada fase é marcada pelo término e entrega de "um produto" (uma parte do projeto) que pode ser verificada ou checada, por exemplo: estudo de viabilidade, detalhamento do projeto, protótipos, etc. As entregas ou fases de projeto são partes de uma seqüência lógica utilizada para garantir a própria definição do produto. A conclusão de uma fase geralmente é marcada pela revisão de modo a detectar e corrigir erros e determinar se o projeto pode continuar. Podem-se citar alguns exemplos de estrutura de fases de projeto retirados da prática dos escritórios de projetos e visualizados nas figuras 3.6.1, 3.6.2 e 3.6.3.

[20] Project Management Institute (PMI)

Análise do local
Seleção das equipes
Programa e Objetivos
Desenho Esquemático
Desenvolvimento de projeto
Documentação para construção
Licitação e Negociação
Administração da Construção

Fig. 3.6.1. Fases de projeto descritas por FAIA, 2005

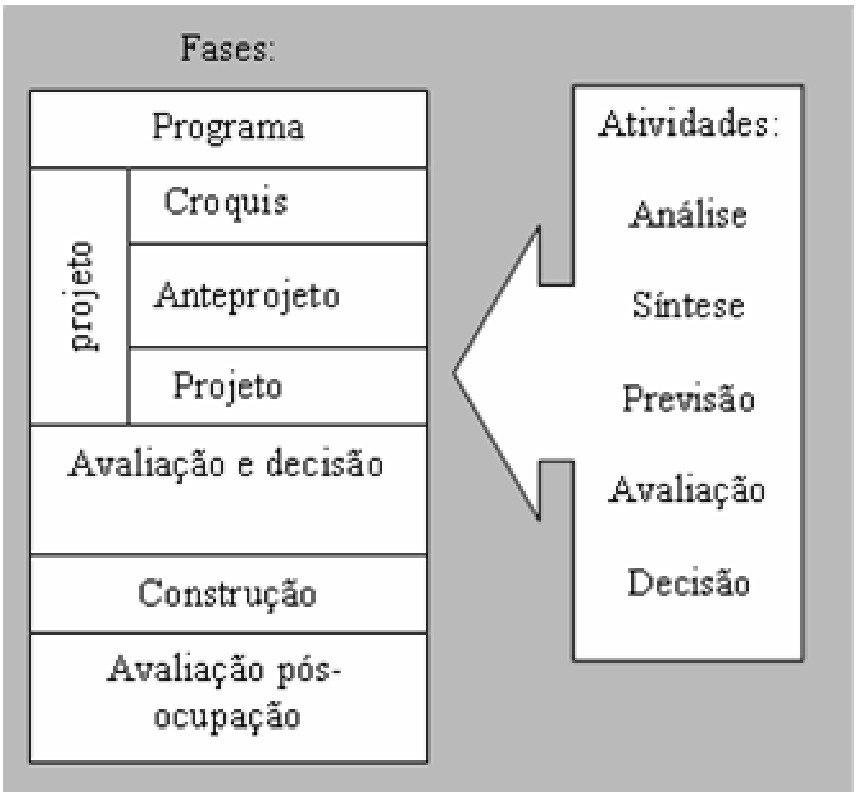


Fig. 3.6.2 Modelo geral de projeto baseado em LANG (1987) e BARROSO-KRAUSE(1998).

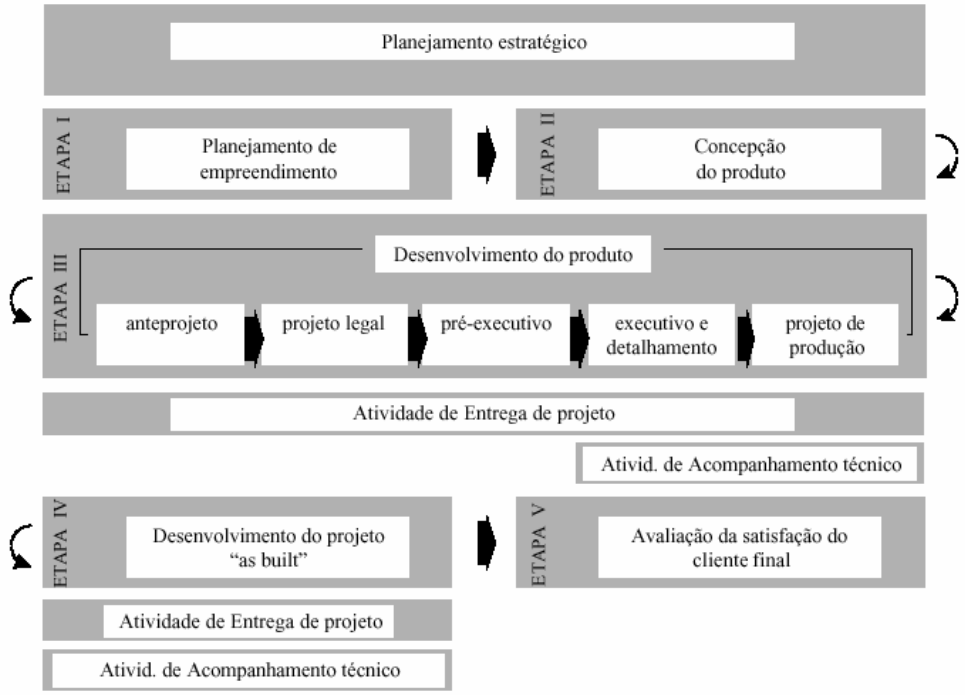


Fig. 3.6.3. Fluxo geral de etapas do desenvolvimento de projeto (adaptado de CTE, 1998 apud FABRÍCIO, BAÍA e MELHADO,1998).

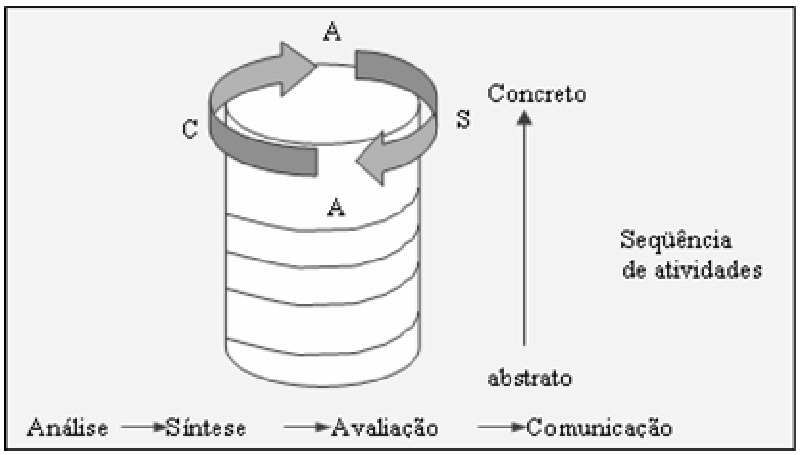


Fig. 3.6.4. O modelo de Asimow (baseado em Rowe, 1987).

Muitos ciclos de projeto possuem nomes de fases e requisitos de trabalho similares, porém poucos são idênticos. A maioria possui quatro ou cinco fases, e alguns

podem possuir nove ou mais fases. Subprojetos dentro de projetos também possuem um ciclo de vida distinto. Por exemplo, uma firma de projeto de arquitetura contratada para desenvolver um projeto, primeiro, se envolverá com a fase de definição do contratante e, segundo, com a fase de implementação da construção. Contudo, o projeto arquitetônico possui suas próprias fases, que vão do desenvolvimento conceitual, definição e implementação. (PMI, 2006).

Embora os nomes difiram de indústria para indústria, os estágios reais tipicamente seguem os passos comuns à resolução de problemas (*problem solving*): definir o problema, elencar opções, escolher um caminho, implementar e avaliar.

Geralmente os projetos fazem parte de organizações maiores, por exemplo organizações governamentais, organizações de sáude, agencias internacionais, associações de profissionais entre outras. Cada organização possui uma cultura e um tipo de estrutura organizacional, que irão influenciar o projeto no desenvolvimento de suas etapas e seu produto final. No caso dos projetos de escola para a rede estadual de São Paulo a organização governamental é a Fundação para o Desenvolvimento Educacional (FDE)

A cultura da organização se verifica através de suas crenças, expectativas, normas, políticas e procedimentos que podem criar resistência ou influenciar no projeto quando se propõe uma abordagem pouco usual , ou quando os estilos de organização forem diferentes (por exemplo, uma organização com cultura autoritária e outra com cultura participativa) (PMI, 2006).

A estrutura organizacional irá influenciar na forma que se tomam decisões, podendo-se elencar, pelo menos, a estrutura clássica hierárquica onde cada empregado possui um superior, cada área possui uma especialidade, cada área desenvolve sua parte do projeto, sem a necessidade de se comunicar com outras áreas e, caso seja necessária a comunicação entre áreas, esta se fará pelo nível hierárquico superior (PMI, 2006).

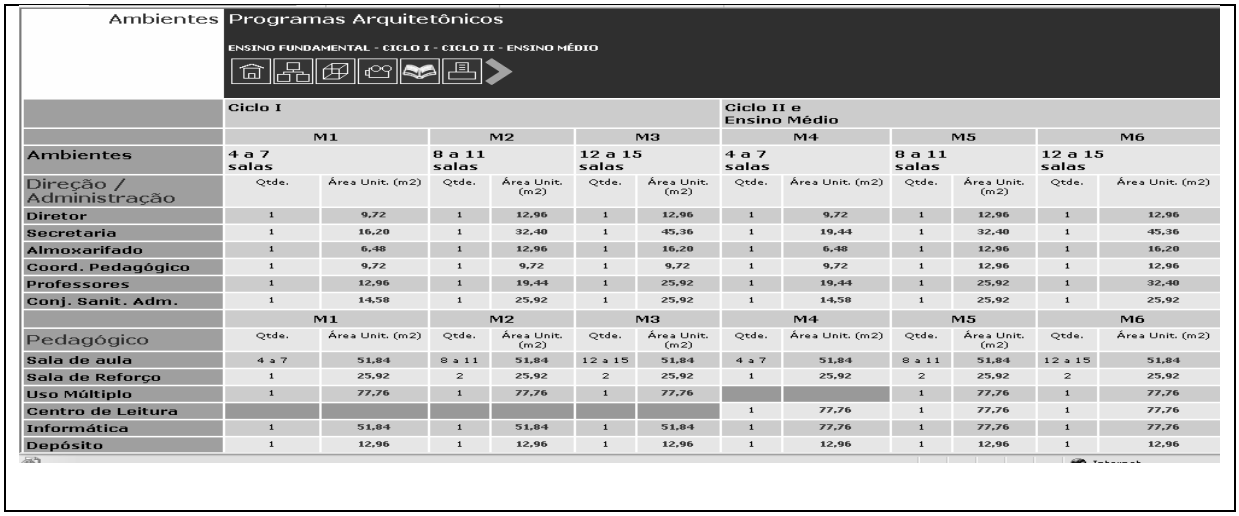
Não se pretende descrever a cultura e organização da FDE, apenas ressaltar que por ser ela a organização que distribui, coordena e avalia os projetos, as empresas contratadas irão seguir as suas definições, procedimentos e etapas de projeto, e certamente esta influência será marcante para o projeto e seu produto final. Por este motivo, considerou-se nesta seção a descrição das fases do processo de projeto realizado pela Fundação de Desenvolvimento Educacional e prestadores de serviço (seção 3.6.1), da influência do processo de projeto em aspectos de conforto ambiental (seção 3.6.2), de definições de conforto ambiental nas fases de projeto realizadas por escritórios de arquitetura (seção 3.6.3) e, finalmente de exemplos de projeto existentes e realizados com o processo de projeto descrito (seção 3.6.4)

3.6.1 Fases de projeto indicadas pela Fundação de Desenvolvimento Educacional

Os projetos arquitetônicos de escola da rede estadual de São Paulo são realizados pela Fundação de Desenvolvimento Educacional (FDE) através de projeto padrão ou através de contrato de serviços para projetos específicos.

Em entrevista com arquitetos da FDE em 20/05/05 foi informado que a prática do projeto padrão vem caindo em desuso desde 2003, pois, o terreno esta cada vez menor o que inviabiliza o uso de grandes taludes necessários para sua implantação.

O projetista contratado recebe como informações, para a elaboração do projeto, o levantamento topográfico e o programa arquitetônico (fig. 3.6.1.1).



Ambientes

Programas Arquitetônicos

ENSINO FUNDAMENTAL - CICLO I - CICLO II - ENSINO MÉDIO

	Ciclo I						Ciclo II e Ensino Médio					
	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Ambientes	4 a 7 salas		8 a 11 salas		12 a 15 salas		4 a 7 salas		8 a 11 salas		12 a 15 salas	
Direção / Administração	Qtde.	Área Unit. (m2)	Qtde.	Área Unit. (m2)	Qtde.	Área Unit. (m2)	Qtde.	Área Unit. (m2)	Qtde.	Área Unit. (m2)	Qtde.	Área Unit. (m2)
Diretor	1	9,72	1	12,96	1	12,96	1	9,72	1	12,96	1	12,96
Secretaria	1	16,20	1	32,40	1	45,36	1	19,44	1	32,40	1	45,36
Almoxarifado	1	6,48	1	12,96	1	16,20	1	6,48	1	12,96	1	16,20
Coord. Pedagógico	1	9,72	1	9,72	1	9,72	1	9,72	1	12,96	1	12,96
Professores	1	12,96	1	19,44	1	25,92	1	19,44	1	25,92	1	32,40
Conj. Sanit. Adm.	1	14,58	1	25,92	1	25,92	1	14,58	1	25,92	1	25,92
	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Pedagógico	Qtde.	Área Unit. (m2)	Qtde.	Área Unit. (m2)	Qtde.	Área Unit. (m2)	Qtde.	Área Unit. (m2)	Qtde.	Área Unit. (m2)	Qtde.	Área Unit. (m2)
Sala de aula	4 a 7	51,84	8 a 11	51,84	12 a 15	51,84	4 a 7	51,84	8 a 11	51,84	12 a 15	51,84
Sala de Reforço	1	25,92	2	25,92	2	25,92	1	25,92	2	25,92	2	25,92
Uso Múltiplo	1	77,76	1	77,76	1	77,76			1	77,76	1	77,76
Centro de Leitura							1	77,76	1	77,76	1	77,76
Informática	1	51,84	1	51,84	1	51,84	1	77,76	1	77,76	1	77,76
Depósito	1	12,96	1	12,96	1	12,96	1	12,96	1	12,96	1	12,96

Fig.3.6.1.1 Programa arquitetônico (FDE,2003)

O projetista deve consultar os manuais editados pela FDE e as normas técnicas pertinentes, sejam da ABNT ou outro órgão. No manual “Normas de apresentação de projetos de edificações – Arquitetura e Paisagismo” (FDE, 2003) destacam-se:

1- NBR 5671 Participação profissional nos serviços e obras de engenharia e arquitetura.
2- NBR 5261 Símbolos gráficos de eletricidade - princípios gerais para desenho de símbolos gráficos.
3- NBR 5410 NB-3 Instalações Elétricas de baixa tensão.
4- NBR 6492 Representação de projetos de Arquitetura.
5- NBR 7191 Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado.
6- NBR 9050 Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, espaço, mobiliário e equipamentos urbanos
7- Catálogo de Ambientes – Especificações da Edificação Escolar.
8- Catálogo de Componentes – Volume 1 e 2.
9- Catálogo de Serviços.
10- Vegetação e Paisagismo – Especificações da Edificação Escolar de Primeiro Grau.
11- Catálogo de Mobiliário – Especificações do Mobiliário da Edificação Escolar.

12- Catálogo de Mobiliário – Distribuição do Mobiliário na Edificação Escolar.
13- Manual de Fiscalização de Obras e Serviços.
14- Manual de Técnico de Manutenção e Recuperação.
15- Identidade Visual / Sinalização – Especificações da Edificação Escolar de Primeiro Grau.

Para o desenvolvimento do projeto arquitetônico são indicadas, nas "Normas de apresentação de projetos de edificações – Arquitetura e Paisagismo" (FDE, 2003), as seguintes etapas: **vistoria do local, estudo preliminar, anteprojeto e projeto executivo,** detalhadas a seguir.

A **vistoria do local** deve ser executada por todos os projetistas das várias áreas técnicas envolvidas no projeto levantando-se os seguintes itens:

1- TOPOGRAFIA (conferir visualmente os dados constantes do levantamento planialtimétrico; verificar se houve algum tipo de movimento de terra ou a existência de construções clandestinas e conferir com a bússola a orientação magnética norte-sul).
2- ACESSOS (verificar os fluxos mais evidentes de circulação dos usuários potenciais da vizinhança, observando a localização dos núcleos habitacionais e as vias circundantes);
3- SERVIÇOS PÚBLICOS (indicar a existência e localização de serviços de redes de água, de esgoto, de energia, de gás, de telefone, de iluminação pública, de recolhimento de lixo, de pavimentação e de guias e/calçadas).
4- CONSTRUÇÕES EXISTENTES (registrar através de fotografias e fornecer os dados de tipo do imóvel; de área; de tipo de cobertura; de áreas degradadas; de áreas em não conformidade e de construções não cadastradas);
5- ZONEAMENTO (identificar a zona: rural, urbana);
6- AGENTES POLUIDORES (ruídos; vibrações; gases; odores; poeira; e esgoto a céu aberto).
7- OUTRAS INFORMAÇÕES (fatores locais que podem determinar soluções específicas de projeto: rios ou córregos - verificar com os moradores da região se

ocorre alagamentos; movimento de vias circundantes - baixa / alta; vias expressas; ferrovias e linhas de alta tensão).
8- CARACTERÍSTICAS DA VIZINHANÇA: física e sociais.

Observa-se que alguns itens podem ser considerados relevantes para o conforto ambiental, por exemplo: os acessos para o conforto funcional; a identificação de ruídos, de vibrações, do movimento e tipo de vias circundantes para conforto acústico; a orientação solar norte-sul e a característica física da vizinhança para os confortos térmico e visual.

O **estudo preliminar** deve mostrar graficamente o partido arquitetônico adotado em função das características específicas de cada terreno, bem como do programa estabelecido para cada escola. O resultado gráfico é composto por desenhos em escala de 1:200 da implantação com planta dos pavimentos e cobertura, cortes transversais e longitudinais, elevações e estudo do movimento de terra.

O estudo preliminar de arquitetura é submetido à análise dos técnicos da FDE com o intuito de verificar a adequação do projeto em relação às principais diretrizes estabelecidas nos manuais técnicos para construções escolares, editados pela FDE. Tem como objetivo, também, estabelecer um controle de ordem econômica, impedindo a adoção de partidos arquitetônicos e/ou uso de materiais que impliquem em obras de custos elevados.

O produto gráfico do estudo preliminar deve conter as seguintes informações na IMPLANTAÇÂO:

- limites e curvas de nível do terreno;
- orientação NORTE-SUL;
- ruas circundantes;
- indicação de rios ou córregos;
- vegetação a preservar; a retirar / a ser replantada;
- acidentes notáveis;

- locação do prédio com indicação dos recuos;
- cotas de nível;
- modulação/cotas;
- identificação dos ambientes;
- posicionamento das aberturas;
- ampliação futura;
- beirais (projeção);
- brise (localização);
- vedos;
- locação da quadra de esportes;
- indicação dos acessos;
- legenda e indicação da área a construir / a demolir / existente (inclusive muros).

Basicamente são analisados os seguintes itens:

1- Insolação dos ambientes;
2- Ocupação de terreno resultante, considerando-se inclusive futuras ampliações;
3- Inter-relacionamento dos ambientes;
4- O número de pavimentos adotados para as edificações implantadas, em função de fatores que o condiciona;
5- Área de cada ambiente e área total construída;
6- Movimento de terra e/ou muros de arrimo resultantes, em função do partido arquitetônico adotado;
7- Principais elementos que caracterizam as edificações: tipo de estrutura, tipo de cobertura (telhado e forro), tipo de vedo, uso de calhas, beirais e/ou brises;
8- Conveniência da localização dos acessos à escola;
9- Localização da quadra de esportes.

No estudo preliminar aparecem elementos importantes para o conforto ambiental. O posicionamento das aberturas, vegetação, beirais, brises e vedos influenciam os confortos acústico, térmico e visual. A orientação norte-sul afeta os

confortos térmico e visual. O conforto acústico também sofre influência da locação do prédio e da relação das aberturas com as ruas e acessos, e locação de quadras de esporte em relação.

O **anteprojeto** de arquitetura deve ser desenvolvido a partir do estudo preliminar já aprovado pela FDE. Deve conter as informações mínimas necessárias que permitam uma estimativa de custos. Deve abranger, além dos aspectos referentes à implantação no terreno, todas as edificações existentes, isto é, o prédio escolar propriamente dito, passarelas de ligação entre os prédios, zeladoria e outros.

Os produtos gráficos apresentados devem conter: implantação, planta e cortes de terraplenagem escala 1:200, plantas dos pavimentos, planta de cobertura, cortes transversais e longitudinais escala 1:50, elevações escalas 1:50 ou 1:100. Os produtos devem conter as informações discriminadas a seguir:

1- IMPLANTAÇÃO

Deverão constar todos os itens solicitados no Estudo Preliminar complementados com os seguintes tópicos:

- croquis de localização do terreno (sem escala, logo acima do carimbo da FDE);
- referência de nível do levantamento topográfico (RN);
- amarração no terreno a partir de um ponto do levantamento topográfico;
- indicação de trilhas para deficientes visuais;
-indicação de vaga de Pessoa Portadora de Deficiência no passeio e estacionamento interno;
- eixos de referência de acordo com modulação/cotas;
- indicação de juntas de dilatação;
- indicação dos equipamentos:
- canaletas de águas pluviais;
- alambrados de proteção;
- portões de acesso de alunos, administração e de veículos;

- locação dos mastros de bandeira/pórtico de identificação da escola;
- localização dos abrigos de entrada de energia, do abrigo de gás e de lixo;
- todos os equipamentos com o seu código específico da FDE;
- locação do reservatório de água;
- fechamento do terreno/ tipo de muro;
- áreas pavimentadas: tipo de piso, dimensões, caimentos de rampas, número e dimensões dos degraus de escadas;
- áreas gramadas, taludes;
- muros de arrimo: locação, extensão e altura;
- tabela de áreas, conforme modelo FDE;
- tabela de sinalização visual, conforme modelo FDE;
- praça de recreação (quando solicitado);
- representações de paisagismo (seguir simbologia padrão FDE);
- fornecer as cotas para orientar a execução do plantio e numerar as espécies empregadas;
- tabela geral de vegetação;
- cortes e detalhes dos tratamentos das áreas externas e componentes complementares do projeto paisagístico;
- ampliação futura: deve ser prevista (em projeção) quando a capacidade final da escola estiver definida no programa arquitetônico e/ou solicitada pela FDE.

2- PLANTA E CORTES DE TERRAPLENAGEM

- delimitação dos platôs;
- amarração no terreno;
- cotas de nível;
- taludes: inclinação e limites;
- zonas de corte e aterro;
- muros de arrimo: locação, extensão e altura;
- volume de corte e aterro;
- projeção da edificação com os eixos.

3-. PLANTAS DOS PAVIMENTOS - CORTES TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS:

- eixos de referência de acordo com a modulação/cotas;
- identificação dos ambientes;
- cotas de nível;
- indicação dos componentes, instalações e equipamentos conforme manual “Especificações de Edificação Escolar / AMBIENTES”;
- juntas de dilatação;
- tipo de telha, estrutura de sustentação, forro, inclinações, beirais, calhas;
- estrutura: tipo e pré-dimensionamento;
- paredes: tipo e espessura;
- revestimentos internos e externos (paredes, teto e pisos): indicação dos tipos;
- brises: localização, tipo, material, dimensões.

4- PLANTA DE COBERTURA

- eixos de referência;
- tipo e dimensões da telha;
- inclinação;
- estrutura de sustentação;
- arremates;
- dimensão e posição de calhas, lajes, e marquises: caimento e impermeabilização;
- posicionamento dos condutores e buzinotes;
- indicação do reservatório incorporado ao prédio, se for o caso.

5-. ELEVAÇÕES

– eixos de referência;
– revestimentos externos, indicação dos tipos/cores.

No anteprojeto os elementos importantes que afetam os confortos acústico, térmico e visual são: indicação de equipamentos, fechamento do terreno (tipo de muro), vegetação da área externa, delimitação de platôs e taludes, indicação dos componentes, tipo de telha, forro, beirais, tipo e espessura de paredes, revestimentos externos e definição completa de brises.

Na análise do anteprojeto de arquitetura é verificado se foram atendidas todas as solicitações feitas pela FDE quando da análise do estudo preliminar e são analisados, ainda, a indicação de componentes padronizados: é verificado se o projetista está indicando, adequadamente, os componentes padronizados; o tipo de piso e dimensões básicas das áreas externas pavimentadas e as áreas gramadas.

O **projeto executivo** de arquitetura deve conter todas as informações necessárias para o perfeito entendimento do projeto e execução da obra. Deve ser desenvolvido considerando-se as observações feitas pela FDE quando do anteprojeto.

O resultado gráfico é composto por: implantação, paisagismo (se solicitado) e planta e cortes de terraplenagem em escala 1:200; plantas dos pavimentos, planta de cobertura, cortes transversais e longitudinais em escala 1:50; elevações (pode ser em escala 1:50 ou 1:100); ampliações e detalhes construtivos em escala adequada.

Os produtos gráficos apresentados devem conter além dos itens solicitados no anteprojeto, as informações discriminadas a seguir:

1- IMPLANTAÇÃO

– dimensionamentos de todos os elementos construtivos;
– chamada dos detalhes e ampliações necessárias;
– compatibilização com projetos de complementares;
– notas e observações necessárias para a compreensão do projeto na obra.

2- PLANTA E CORTES DE TERRAPLENAGEM

– dimensionamentos de todos os elementos construtivos;
– chamada dos detalhes e ampliações necessárias;
– legenda de corte e aterro definida em planta e em corte;

3-PLANTAS DOS PAVIMENTOS - CORTES TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS

– dimensionamentos de todos os elementos construtivos;
– chamada dos detalhes e ampliações necessárias;
– detalhes (encontro de estrutura e alvenarias, rufos, cobertura, alvenarias, forros, paredes, *brises*, canaletas, receptáculos de águas pluviais e outros detalhes necessários ao bom entendimento do projeto).

4- PLANTA DE COBERTURA

- dimensionamentos de todos os elementos construtivos;
– chamada dos detalhes e ampliações necessárias.

5- ELEVAÇÕES

– chamada dos detalhes e ampliações necessárias.

O arquiteto contratado é o responsável pela compatibilização entre as diversas áreas técnicas envolvidas no projeto: arquitetura, estrutura, instalações hidráulicas e instalações elétricas. No projeto executivo os elementos importantes para o conforto ambiental se fazem pelo dimensionamento de todos os elementos construtivos e pelo detalhamento.

No projeto executivo observa-se que as definições que afetam os confortos térmico, acústico e visual são: o dimensionamento dos elementos construtivos, detalhamento de forros, de *brises*, de cobertura.

A FDE faz análise do projeto de arquitetura, com o objetivo de verificar se todas as informações contidas nos produtos gráficos foram entregues completos e na forma de apresentação exigida. A qualquer momento, inclusive durante o andamento da obra, a FDE pode solicitar ao arquiteto contratado, esclarecimentos ou complementações de projeto que se fizerem necessários.

3.6.2 Fases de projeto analisadas pela Fundação de Desenvolvimento Educacional e as especificações que afetam as funções de conforto térmico, acústico e visual.

Para definir as especificações da FDE que afetam o conforto ambiental nas fases de projeto fez-se a análise do catálogo da Fundação de Desenvolvimento Educacional (FDE, 2003), descrito na seção 3.6.1. Observa-se neste catálogo que o projeto se divide em vistoria do local, estudo preliminar, anteprojeto e projeto executivo e que nestas fases a análise de alguns itens definem especificações que influenciam os conforto térmico, acústico e visual, conforme se visualiza tabela 3.6.2.1.

A vistoria do local não é uma fase de projeto que possui uma avaliação, trata-se de uma fase de checagem do local de modo a fornecer elementos para as fases seguintes principalmente algumas restrições ao projeto. Observa-se que vários itens analisados ou definidos nos elementos gráficos afetam os três confortos.

Tab. 3.6.2.1. Influência no conforto ambiental dos itens analisados ou definidos pela FDE em cada fase de projeto.

Vistoria do local			
Itens analisados ou definidos nos produtos gráficos	Conforto térmico	Conforto visual	Conforto acústico
Conferir orientação norte-sul	X	X	
Verificar fluxos de circulação (vias circundantes)			X
Verificar a presença de ruídos			X
Características da vizinhança	X	X	X
Estudo Preliminar			
Itens analisados ou definidos nos produtos gráficos	Conforto térmico	Conforto luminoso	Conforto acústico
Insolação dos ambientes (orientação norte-sul)	X	X	
Inter-relacionamento dos ambientes			X
Área de cada ambiente	X	X	X
Tipo de cobertura	X	X	
Tipo de Vedos	X		X
Localização dos acessos à escola			X
Localização de brises	X	X	
Projeção de beirais	X	X	X
Localização da quadra			X
Posicionamento das aberturas	X	X	X
Anteprojeto			
Itens analisados ou definidos nos produtos gráficos	Conforto térmico	Conforto luminoso	Conforto acústico
Indicação de equipamentos	X		X
Fechamento do terreno / tipo de muros	X	X	X
Tipo de piso externo	X		X
Paisagismo	X	X	X
Pé direito	X	X	X
Tipo de telha	X		X
Forro	X	X	X
Tipo de parede e espessura	X		X
Revestimentos internos e externos (parede, teto e piso)	X	X	X
Tipo, material e dimensões de brises	X	X	X
Cores dos revestimentos externos	X	X	
Projeto Executivo			
Itens analisados ou definidos nos produtos gráficos	Conforto térmico	Conforto luminoso	Conforto acústico
Dimensionamento dos elementos construtivos	X	X	X
Detalhamento de forros	X	X	X
Detalhamento de brises	X	X	
Detalhamento de cobertura	X		

Os itens analisados pela FDE ou definidos nos elementos gráficos dos projetos são considerados como especificações que fazem parte de parâmetros de projeto indicados na seção 3.5. As figuras 3.6.2.1, 3.6.2.2 e 3.6.2.3 mostram, nas caixas sem

numeração de parâmetro, onde estes itens se encaixam nos projetos de acústica, térmica e conforto visual.

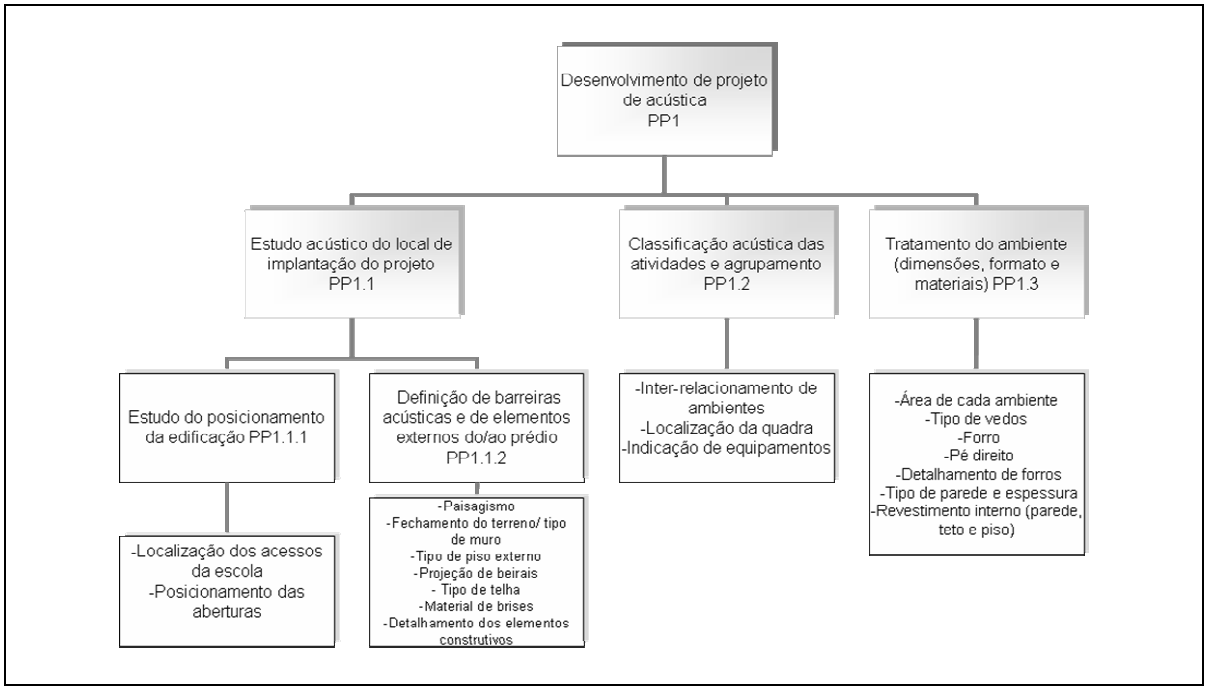


Fig. 3.6.2. 1 Itens analisados pela FDE e o projeto de acústica

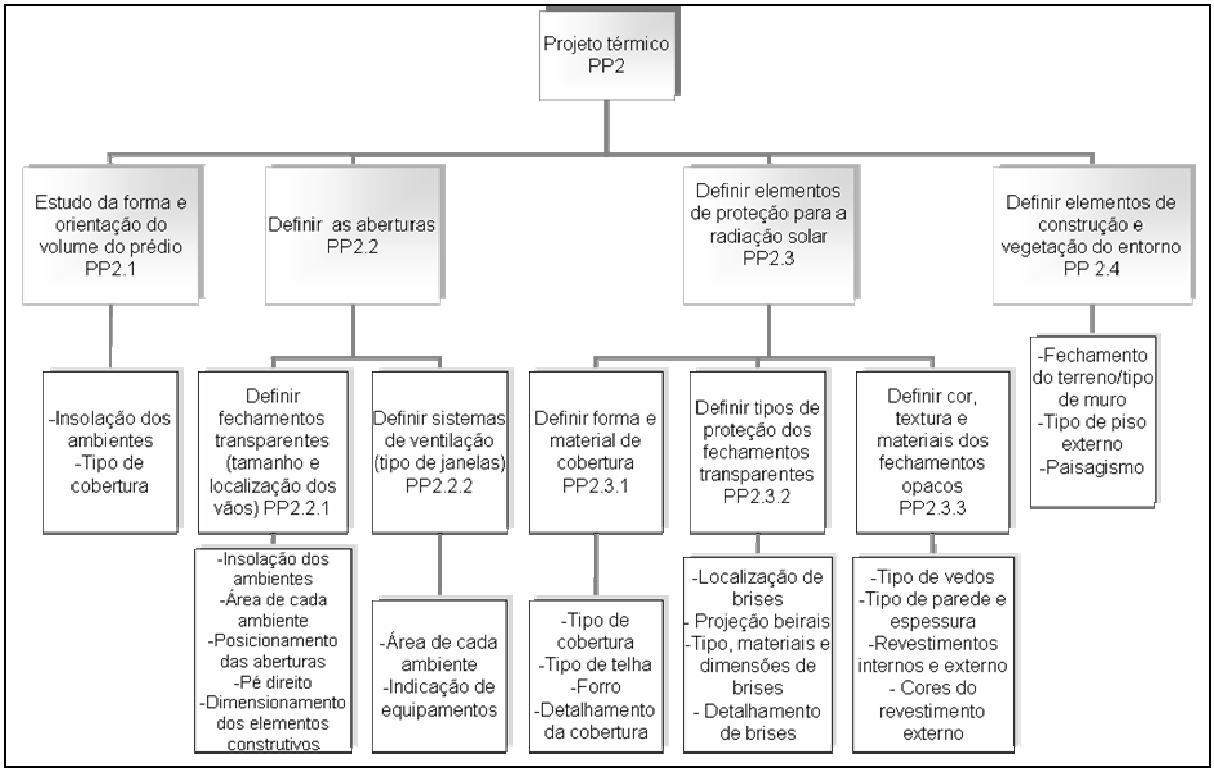


Fig. 3.6.2.2 Itens analisados pela FDE e o projeto térmico

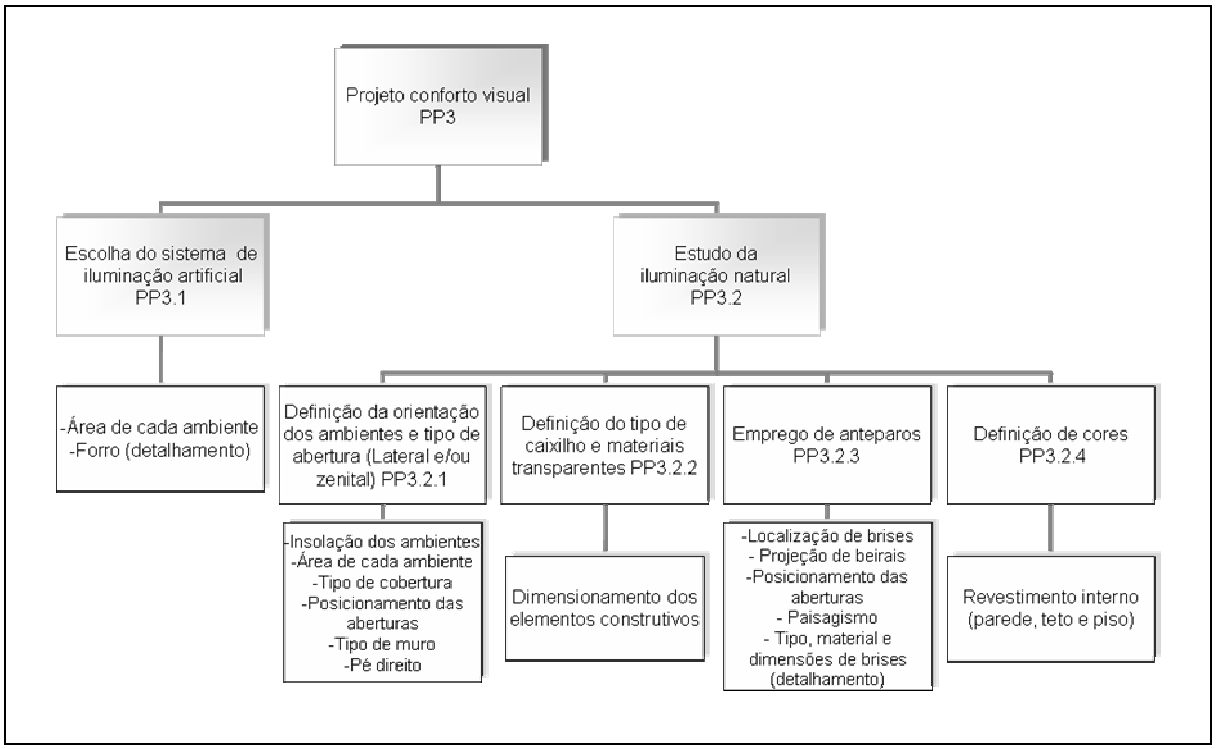


Fig. 3.6.2.3 Itens analisados pela FDE e o projeto de conforto visual

Observa-se que todos os itens analisados ou definidos nos produtos gráficos da tabela 3.6.2.1 puderam ser incluídos nos parâmetros de projeto de conforto acústico, térmico e visual da seção 3.5; em parte como parâmetro de projeto e em parte como restrição. Por exemplo, o detalhamento de *brises* é um parâmetro de projeto para "definir tipos de proteção dos fechamentos transparentes (PP2.3.2) já o pé direito pode ser uma restrição para o parâmetro de projeto "definir fechamentos transparentes (tamanho e localização dos vãos)" (PP2.2.1).

Este fato é importante, pois, verifica-se que independente da divisão em fases de projeto, o que é avaliado pela FDE estará presente em um projeto que considere aspectos de conforto ambiental e a metodologia de projeto axiomático.

3.6.3 Alguns exemplos de projeto realizados com o processo de projeto da FDE

Nesta seção foram escolhidos alguns projetos de escolas[21] realizados por escritórios de arquitetura que prestam serviços para a Fundação de Desenvolvimento Educacional e foi realizada a análise de acordo com a metodologia proposta por GRAÇA (2002).

Escola para alunos da 1ª à 4ª série do ensino fundamental da rede estadual em Campinas projetada por André Vainer e Guilherme Paoliello visualizada na figura 3.6.3.1. Possui bloco pavilhonar, quadra coberta contínua ao volume da escola propriamente dita. [22]

A quadra pode ser integrada ao pátio coberto de recreação (galpão), dando origem ao espaço amplo que também é utilizado pela comunidade fora dos horários de aulas. A transparência da veneziana metálica define parte do perímetro externo para marcar visualmente o posicionamento da quadra esportiva. Na área restante evidencia-se a estrutura projetada para fora do edifício e alinhada com o fechamento da quadra, o que resulta em ambientes recuados em relação a seu contorno externo.

Segundo Paoliello, a opção pela instalação da quadra no piso térreo considerou aspectos práticos que determinaram o desenvolvimento do projeto e levou à divisão do conjunto em dois blocos, um deles ocupado apenas pelo equipamento esportivo. Dessa forma, foi possível aproveitar o declive natural do lote para a construção da arquibancada. Além disso, seu posicionamento permite que ela funcione como extensão do galpão. Ao mesmo tempo, favorece a proteção acústica, pois reduz o nível de ruídos que chegam às classes. A quadra tem piso cimentado pintado e cobertura com telhas metálicas sobre treliça de aço.

---

[21] Os projetos foram escolhidos pela facilidade de acesso a documentação e publicação. Os textos explicativos são reproduzidos destas publicações. Utilizou-se o site da arcoweb http://www.arcoweb.com.br/

[22] Texto e figuras encontrados em http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura531.asp acesso em 04/09/2007

Os dois pavimentos superiores seguem a modulação-padrão (10,80 x 7,20 metros) para acomodar 13 salas de aulas, sala multiuso e sala dos professores. Esses ambientes estão dispostos em dois vãos de 10,80 metros de largura e separados pelo corredor de circulação com pilares na área central.

Os andares são interligados por duas escadas metálicas, posicionadas em extremos opostos desse bloco. A mais larga, junto da quadra, é usada pelas crianças; a mais estreita, junto da cozinha, atende professores e funcionários. A circulação vertical é complementada pelo elevador, que garante acesso de portadores de necessidades especiais aos pavimentos superiores.

Os acabamentos são simples e incluem telhas metálicas sobre laje, piso em granilite e massa fina pintada nas salas de aulas e revestimento cerâmico nos banheiros.

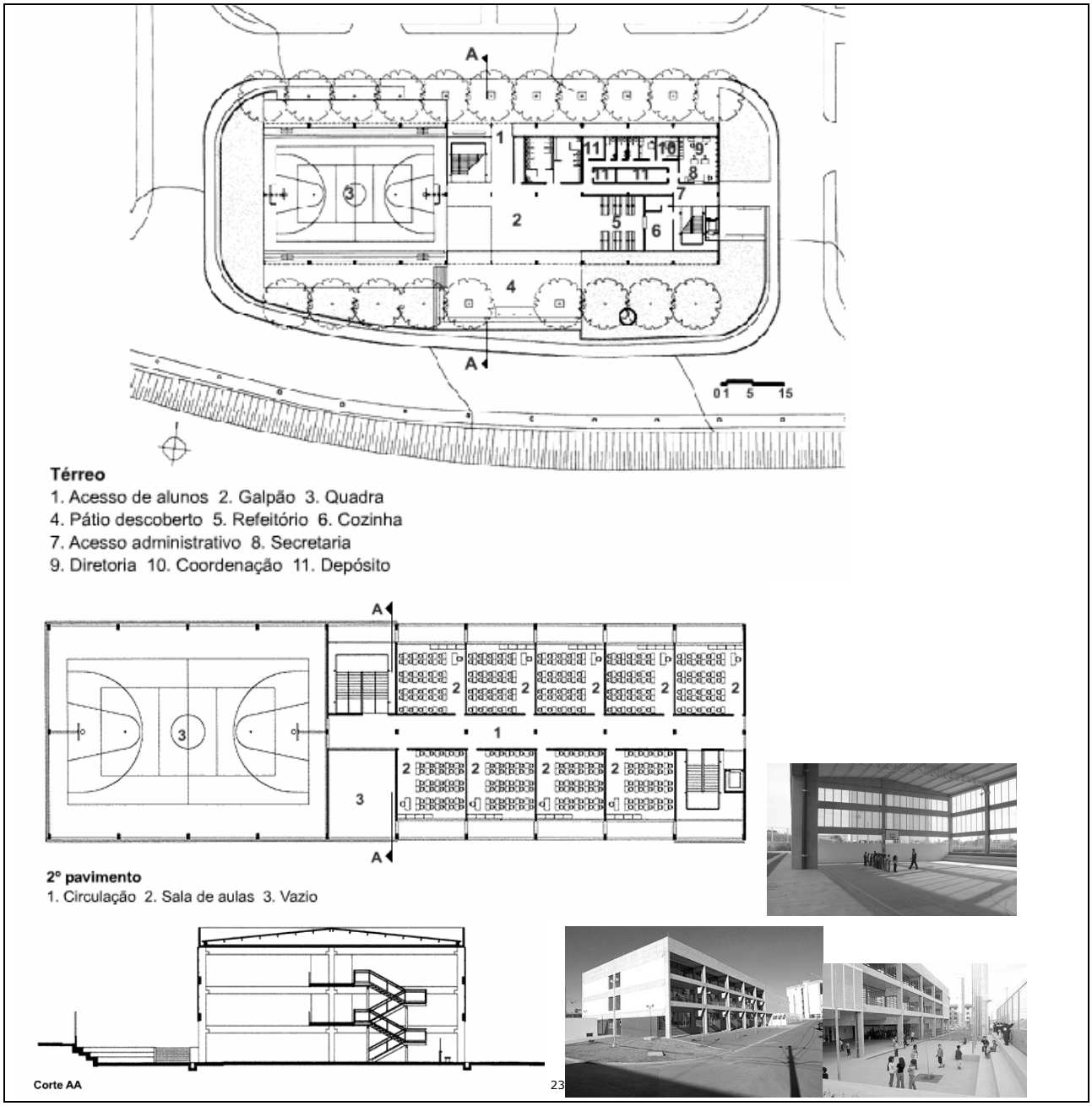


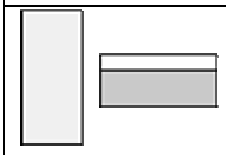
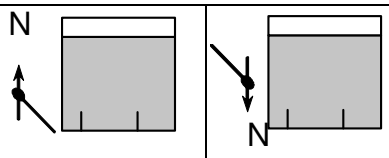
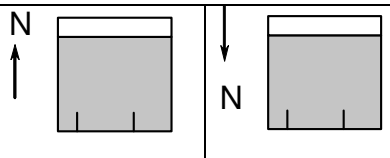
Fig.3.6.3.1 Escola Estadual em Campinas projetada por André Vainer e Guilherme Paoliello

Utilizando-se a metodologia de avaliação descrita em Graça (2002) visualiza-se a avaliação desta escola na tabela 3.6.3.1. Observa-se que existe coerência na opção dos arquitetos quanto à localização da área recreativa e a avaliação dos especialistas

[23] Foto encontrada em http://www.vainerepaoliello.com.br/

de acústica. Quanto ao conforto térmico a qualificação geral da escola é entre péssimo/ruim, pois, não há proteção solar nas salas de aula, isto também se verifica nas fotos da figura 3.6.3.1. No conforto visual verificam-se 8 salas com boa qualificação e 10 salas com orientação Norte sem proteção, por esta razão a qualificação geral neste quesito foi entre ruim e bom.

Tab. 3.6.3.1 Avaliação da Escola Estadual de Campinas

<table>
<tr><th>Conforto acústico</th><th>Conforto térmico</th><th>Conforto visual</th></tr>
<tr><td>Possui área de recreação próxima a um dos cantos do corredor que dá acesso a todas as salas de aula (variável 3) e considerada pelos especialistas com um grau de pertinência (G.P.) de 0,67, o que equivale na escala semântica entre bom e muito bom.</td><td>Possui 10 salas de aula com abertura em parede oposta ao corredor e orientação Norte (variável 5B) e 8 salas de aula com abertura em parede oposta ao corredor e orientação Sul (variável 5A).
As duas variáveis possuem grau de pertinência 0,17, o que equivale na escala semântica entre péssimo e ruim.</td><td>Possui 10 salas de aula quadradas e com abertura em parede oposta ao corredor e orientação Norte (variável 17B). Grau de pertinência 0,25 na escala semântica equivale a ruim.
8 salas de aula com abertura em parede oposta ao corredor e orientação Sul (variável 17A). Grau de pertinência 0,54 o que corresponde a bom na escala semântica.</td></tr>
<tr><td> 
3</td><td colspan="2"> 
5A 5B</td><td colspan="2"> 
17A 17 B</td></tr>
<tr><td colspan="3">Área de recreação Salas de aula Corredor Fonte: GRAÇA, 2002</td></tr>
<tr><td colspan="3">Indicação da Orientação Norte dos ambientes
e direção do vento predominante Sudeste</td></tr>
<tr><td>G.P.= 0,67 (na escala semântica entre bom e muito bom)</td><td>G.P.= 0,17 (na escala semântica entre péssimo e ruim)</td><td>G.P. = 0,39 (na escala semântica entre ruim e bom)
(10*0,25+8*0,54)/18</td></tr>
</table>

A **escola estadual Jardim Umuarama em São Paulo,** visualizada na figura 3.6.3.2**,** foi realizada pelo Estúdio 6 Arquitetos. Seu projeto foi contemplado, em 2004, no 6° Prêmio Jovens Arquitetos do IAB/SP e do Museu da Casa Brasileira. Localizado

na região de Campo Limpo em São Paulo, o prédio foi erguido em área remanescente do lote da escola estadual Moacyr de Castro Ferraz. [24]

O lote era parcialmente ocupado por um dos blocos da escola existente, removido para dar espaço ao novo prédio. O platô que os autores consideraram adequado à implantação encontra-se em acentuado desnível em relação à rua - os taludes variavam entre 3,5 e 12,5 metros de altura.

A edificação é constituída por volume único de quatro pavimentos. O prédio tem as laterais mais longas marcadas pelas colunas pré-moldadas e pelas grandes janelas que o caracterizam visualmente em seus dois pavimentos inferiores. Os elementos vazados vedam a lateral da quadra coberta.

A circulação vertical é feita nas duas extremidades. A área didática foi acomodada no térreo, onde existem 11 salas de aulas. O primeiro piso é ocupado por algumas salas de aulas, salas de informática e de professores, diretoria e almoxarifado, além de funções complementares ao programa escolar. A quadra e seu vazio superior ocupam a maior parte do segundo e do terceiro pavimentos. Neste, agregados à quadra, ficam o refeitório, a cozinha e a despensa. No andar mais alto, o local de recreio divide espaço com a cantina e o grêmio.

Para vencer a distância entre a edificação e a via pública em cota mais elevada, os autores recorreram a duas passarelas metálicas. Elas dão acesso ao conjunto em pavimentos de ocupações distintas: pela mais alta, os alunos chegam à escola pela área de recreio; a segunda, mais baixa, leva ao setor administrativo. Segundo os autores, a disposição que coloca os espaços de uso comum nos dois pavimentos superiores inverte a lógica tradicional da organização dos edifícios escolares. O procedimento, justificam, evita a criação de áreas de lazer confinadas e sombreadas no fundo do terreno

---

[24] Textos e figuras encontrados em http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura727.asp

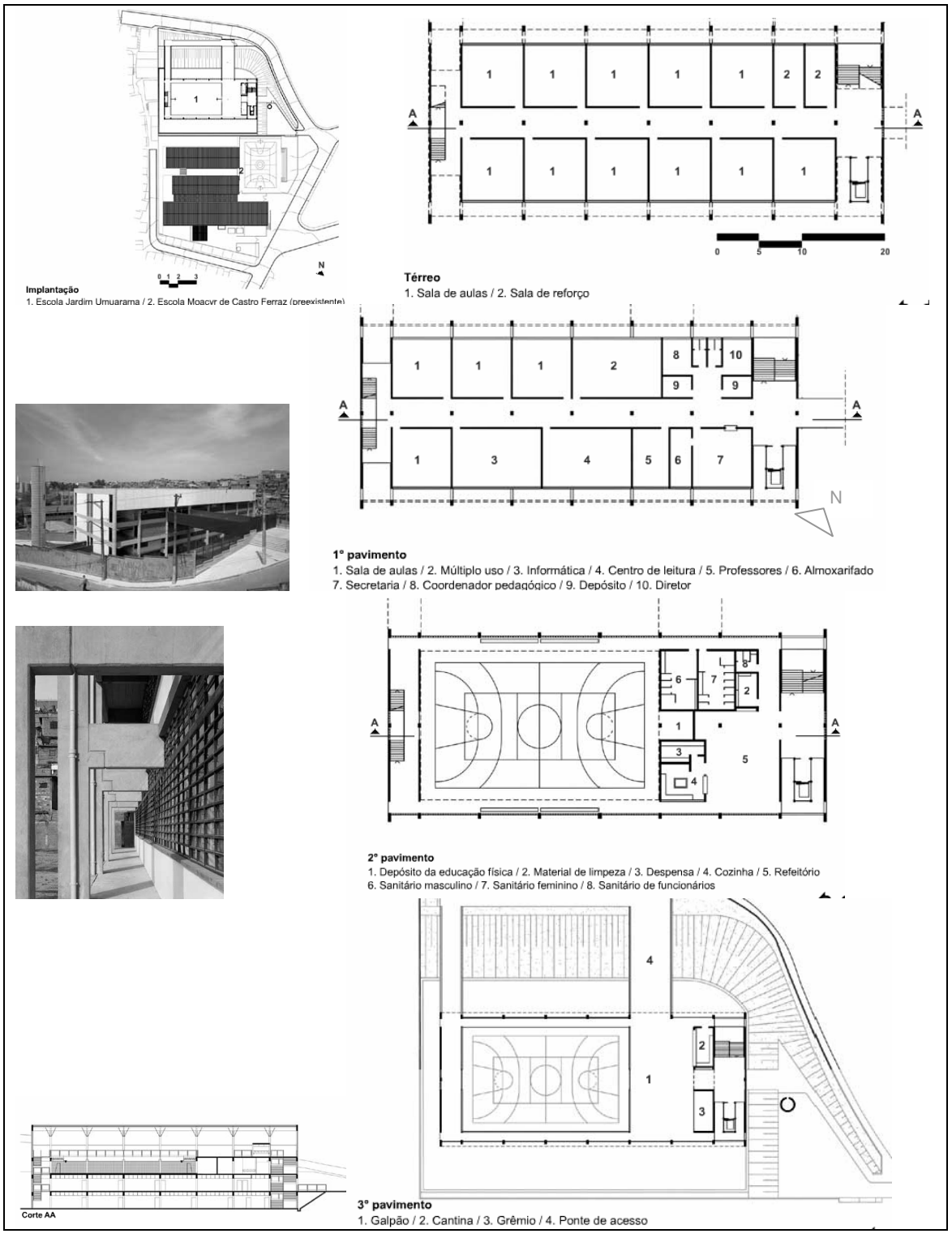
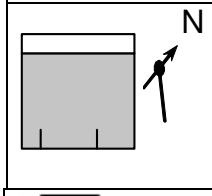
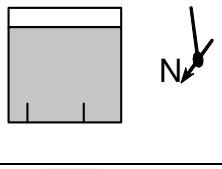
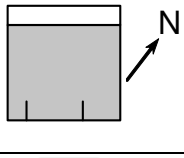


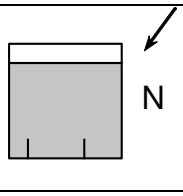
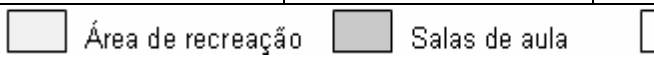
Fig. 3.6.3.2 Escola estadual Jardim Umuarama

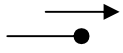
Utilizando-se a metodologia de avaliação visualiza-se a avaliação desta escola na tabela 3.6.3.2. Observa-se que a posição utilizada neste projeto da quadra não foi uma variável de acústica avaliada em Graça (2002). Indica-se em pesquisa futura a avaliação desta variável, uma vez que, vários projetos desenvolvidos para escolas Estaduais vêm aplicando a quadra de esportes no pavimento superior às salas de aula. Quanto ao conforto térmico, a qualificação geral da escola é próxima a ruim, pois, não há a ventilação cruzada e nem há proteção solar nas salas de aula. No conforto visual a qualificação também é próxima a ruim, provavelmente pelo fato de entrar luz direta do sol do lado Norte e ocorrer ofuscamento, isto, pode ser observado visualmente nas fotos da figura 3.6.3.2.

Tab. 3.6.3.2 Avaliação da Escola Estadual Jardim Umuarama

<table>
<tr><td>Conforto térmico</td><td colspan="2">Conforto visual</td></tr>
<tr><td>Possui 8 salas de aula com abertura em parede oposta corredor e orientação Noroeste (variável 5G) Grau de Pertinência 0,29 na escala semântica próximo de ruim e 7 salas de aula em parede oposta ao corredor e orientação Sudeste (variável 5F). Grau de pertinência 0,17 na escala semântica entre ruim e péssimo.</td><td colspan="2">Possui 8 salas com abertura em parede oposta corredor e orientação Noroeste (variável 17F). Grau de Pertinência 0,.25 na escala semântica equivale a ruim e 7 salas de aula em parede oposta ao corredor e orientação Sudeste (variável 17G). Grau de pertinência 0.17 na escala semântica entre ruim e péssimo..</td></tr>
<tr><td> 


</td><td> 


</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 

Fonte: GRAÇA, 2002</td></tr>
<tr><td colspan="3">Indicação da Orientação Norte dos ambientes e direção do vento predominante Sudeste  </td></tr>
<tr><td>G.P.= 0,23 (na escala semântica próximo a ruim)
(8*0,29+7*0,17)/15= 0,23</td><td colspan="2">G.P. = 0,23 (na escala semântica próximo a ruim)
(8*0,25+7*0,.17)/15 = 0,21</td></tr>
</table>

Observou-se nesta seção que:

- as decisões de projeto podem ser influenciadas por fatores físicos (terreno, vizinhança, clima, etc), fatores organizacionais (estrutura, metodologia, fases de projeto, avaliação, política, etc.), fatores econômicos e fatores pessoais (experiência, técnica, desejo, etc.).

- o projeto arquitetônico trata vários parâmetros que podem ser conflitantes, assim o projeto pode ser considerado como projeto ótimo, mesmo que possua avaliação ruim em um ou mais aspectos de conforto.

No desenvolvimento do processo de projeto, independente dos fatores intervenientes, a metodologia de projeto deve possibilitar a visualização de conflitos, o gerenciamento de informações e tomada de decisão, a avaliação de aspectos de conforto térmico, acústico e visual e, ao ser constatado uma avaliação ruim, prever medidas que melhorem o desempenho destes aspectos.

3.7 Otimização de projeto

O propósito principal da teoria de otimização de projeto é ajudar o projetista na seleção de um projeto que pertence a um conjunto de soluções viáveis do problema, proporcionando direcionamento ao processo de decisão através da comparação entre os projetos e da seleção do “melhor” (STADLER E DAUER, 1992).

Inicialmente as técnicas de otimização eram concebidas com um único objetivo, como por exemplo, o custo ou o tamanho, o que não era adequado ao problema de projeto que possui diversos parâmetros. Por este motivo, surgiu a pesquisa e o desenvolvimento de tomada de decisão baseado em múltiplos critérios (BALACHANDRAN, 1996).

A otimização prescreve um conjunto de variáveis de projeto de forma a encontrar um conjunto específico de desempenhos. São estabelecidos os valores das variáveis que ao mesmo tempo satisfazem as restrições e otimizam o conjunto de objetivos.

Na teoria da decisão existem situações onde as decisões são feitas sem objetivos explícitos, nestes casos objetivos apropriados são formulados durante e depois do processo de decisão, sendo possível reconstruir a relação entre objetivos e

solução. Estas situações envolvem uma “racionalidade limitada” o que indica as limitações das pessoas envolvidas, tais como: a falta de conhecimento que dificulta a definição do problema e a sua imagem; a falta de soluções disponíveis (nem sempre estão prontas e precisam ser encontradas) e a falta de conhecimento dos efeitos de algumas soluções (LOON, 2002)

Na prática a garantia de encontrar o melhor projeto é ilusória, na verdade se encontra o melhor projeto dentro de um conjunto existente de projetos (STADLER e DAUER 1992). Raramente os projetistas podem identificar todas as soluções possíveis de um problema, as decisões são realizadas de forma a satisfazer os requisitos em um certo momento. Estas decisões podem ser vistas como subótimas ou como decisões satisfatórias (ROWE,1992).

Introduzir o princípio de satisfação (minimizar risco e complicações), quer dizer que as pessoas envolvidas se esforçam para encontrar um nível de aspiração limitado e geralmente concreto. Descrever o critério de decisão como um nível específico de aspiração (decisões satisfatórias), oferece vantagens práticas e teóricas pois proporciona uma maneira não ambígua de medir se o objetivo foi alcançado (LOON, 2002).

Loon (2002) pontuou quatro categorias de concepção de ótimo e solução de projeto ótimo:

- concepção de projeto interessada na **forma ótima**
- concepção de planejamento interessada com a **escolha ótima**
- concepção matemática interessada na **aritmética ótima**
- economia do “Bem-estar” *(Welfare economics)* interessada na **distribuição ótima**

A concepção de projeto interessada na **forma ótima** pode ser caracterizada por três formas de otimalidade de projeto. Primeira, a qualidade ótima onde o arquiteto acredita que a tarefa mais importante é criar um projeto com a maior qualidade arquitetônica. Esta qualidade é definida pela discussão entre arquitetos e seus críticos

(apenas os profissionais podem decidir a qualidade arquitetônica). Segunda, a seleção ótima e combinação de sub-soluções, onde assume-se que só se pode encontrar um projeto ótimo através de um processo ótimo que possibilte seleção e coleção de todas as sub-soluções de maneira sistemática e explícita e a combinação das sub-soluções selecionadas. Terceira, encontrar os requisitos e o caminho ótimo onde se assume que os requisitos foram formulados pelo cliente de tal maneira que o projetista sabe exatamente como alcança-los, a função do cliente é formular os requisitos e o projetista encontrar soluções (LOON, 2002).

Muitas tentativas foram feitas para se unir metodologicamente estes três aspectos. Abordagem de sistema como um meio matemático e pesquisa operacional foram tomados como base. A idéia foi analisar o processo de projeto e dividí-lo em sub-processos. Com o tempo tornou-se claro que o projeto ótimo não é a simples soma de sub-projetos ótimo (LOON, 2002).

A concepção de planejamento interessada na **escolha ótima** assume que o problema não pode ser amplamente quantificado e por esta razão técnicas quantitativas não podem ser utilizadas. Para encontrar uma saída ótima um processo de planejamento racional deve conter a enumeração de um número finito de alternativas, avaliação e seleção de uma através de uma regra de decisão como a otimização. Foram desenvolvidos modelos prescritivos, reconhecidos como processo de aprendizado isto é, quanto mais os problemas forem esclarecidos e soluções alternativas forem encontradas, melhor será a compreensão do problema e melhores soluções serão encontradas. Se o processo for estruturado de maneira sistemática e racional, automaticamente a melhor (ótima) planta será encontrada.

A concepção matemática interessada com a **aritmética ótima** assume que é possível criar a representação matemática da realidade possibilitando soluções matemáticas ótimas derivadas e validadas pela realidade. Na pesquisa operacional vários modelos foram feitos para diferentes tipos de solução de problema, por exemplo, programação linear. A otimização matemática é utilizada para vários problemas de economia e comércio onde objetivos financeiros e organizacionais são otimizados.

Também foi utilizado no desenvolvimento urbano e de prédios com objetivos financeiros e técnicos. Objetivos relacionados a qualidade do ambiente não foram objeto de estudo da concepção matemática (LOON, 2002).

A economia do "Bem-estar" interessada na **distribuição ótima** permite a união da decisão democrática de uma lado e do projeto realizado por uma equipe de outro. O critério de Pareto[25] proporciona uma escala para medir o aumento no bem estar do grupo.

Se um projeto for visto como uma plano de distribuição de custos e benefícios entre as partes envolvidas o critério de Pareto pode ser aplicado. O projeto será considerado ótimo quando não puder ser melhorado sem diminuir outros benefícios.

Segundo LOON (2002), os quatro conceitos podem ser definidos expandindo-se o conceito de bem estar e o critério de Pareto para a fase de projeto:

> O bem estar coletivo pode aumentar em resposta a implementação de um projeto em particular se o nível de bem estar de um ou mais membros do grupo aumentar sem causar a queda de um ou outros membros abaixo do mínimo estabelecido pelos mesmos (p.300).

A definição de projeto ótimo será:

> O projeto ótimo será encontrado quando o nível de bem estar de um ou mais membros de um grupo não pode ser aumentado sem que outros caiam abaixo do limite mínimo (p.300).

A descrição matemática do grupo de projeto ótimo será:

25 O critério de Pareto estabelece que o bem estar coletivo será ótimo logo que não for possível aumentar o bem estar de alguém ou algum grupo sem diminuir o de outro.

> O projeto será ótimo se a função objetivo não puder ser aumentada (no caso de maximização) ou diminuída (no caso de minimização) sem quebrar os limites dados pelas pessoas envolvidas (p. 301).

Esta situação de compromisso também é chamada de decisão ótima de "Edgeworth-Pareto", assim divide-se as soluções de projeto em conjuntos que possuem compromisso e em conjuntos sem compromisso ou conjunto ótimo e conjunto não ótimo (STADLER E DAUER, 1992). Um exemplo de solução de compromisso aplicado na arquitetura pode ser verificado em GRAÇA, KOWALTOWSKI e PETRECHE (2007a), onde através da análise de projetos de arquitetura da tipologia escolar pode-se estabelecer critérios de avaliação de aspectos de conforto e concluir por um conjunto ótimo.

A equipe de projeto deve concordar em como escolher entre as alternativas que se encontram dentro das restrições ou dentro do conjunto de solução de compromisso: se decide por voto, ou se o cliente ou o projetista define ou através do consenso da equipe. O projeto ótimo de acordo com a definição de LOON (2002) será:

> O projeto ótimo é o projeto selecionado, entre as alternativas que se encontram dentro do modelo matemático definido pelas restrições, por um procedimento explícito e aceito pelos envolvidos (p. 302).

Nesta pesquisa considera-se que na tomada de decisão, em diversas fases do processo de projeto, os parâmetros de conforto térmico, acústico e visual são conflitantes, por exemplo, para acústica da sala de aula talvez seja importante manter os vidros fechados para amenizar os ruídos externos já para o conforto térmico a abertura das janelas é importante para a ventilação. Necessariamente os parâmetros conflitantes deverão ser escolhidos com conceitos de otimização. Os problemas relativos à falta de soluções disponíveis e a falta de conhecimento dos efeitos de algumas soluções podem justificar o uso de exemplos/diretrizes na tomada de decisão. As diretrizes neste caso podem ser consideradas como restrições de um conforto em outro.

Parafraseando Loon, 2002: Quando o interesse de todos os projetistas (considerando-se nesta pesquisa como especialistas de conforto térmico, acústico e visual) deve ser incorporado no projeto, não se pode prever o produto final, por este motivo o gerenciamento do projeto deve se focar mais no processo (considerando-se, nesta pesquisa, o uso da metodologia axiomática).

.

4 METODOLOGIA E RESULTADOS[26]

A metodologia desta pesquisa se divide em três partes, a primeira trata das questões relativas ao processo sistematizado de projeto da FDE realizado por escritórios de arquitetura. A segunda parte trata das questões relativas ao uso da escala semântica e da opinião de especialistas na qualificação de exemplos de solução[27] de projeto. A terceira parte trata das questões referentes à aplicação destes exemplos e da metodologia de projeto axiomático para a união de aspectos de conforto ambiental e de outras subáreas que envolvem o projeto de construção civil.

A primeira parte foi realizada para responder as seguintes questões:

1- Como os escritórios que prestam serviço para a Fundação de Desenvolvimento Escolar (FDE) tratam os aspectos de conforto térmico, acústico e visual?
2- Em que momento do processo de projeto, estes escritórios lidam com estes aspectos de conforto ambiental?

Para responder estas questões foi elaborado e aplicado questionário a cinco escritórios de arquitetura. Estes procedimentos encontram-se na seção 4.1

A segunda parte da metodologia, desenvolvida na seção 4.2, foi realizada para responder as seguintes questões:

---

[26] Optou-se por unir metodologia e resultados para facilitar a compreensão do texto
[27] Consideram-se exemplos de soluções as configurações de salas de aula avaliadas pelos especialistas de conforto térmico, conforto acústico e conforto visual. Também se utilizou para este mesmo fim o termo variável de configuração de sala de aula.

1- É possível relacionar o conjunto de respostas dos especialistas?

2- Qual critério deve ser estabelecido para considerar a avaliação do conjunto de respostas dos especialistas?

3- Como considerar a avaliação de cada variável (exemplo de solução)?

4- Como tratar as opiniões divergentes feitas pelos especialistas de algumas variáveis?

Para responder estas questões foram elaboradas as seguintes etapas:

1- Identificar a concordância do conjunto das respostas dos três especialistas (seção 4.2.2):

- Definir o tipo de escala de mensuração da escala semântica utilizada para qualificação de configurações de salas de aula.
- Verificar a possibilidade do uso de testes estatísticos para comparar o conjunto das respostas dos especialistas.
- Formular critérios para estabelecer a possibilidade do uso da opinião de especialistas para a qualificação de configurações de sala de aula.
- Aplicar testes estatísticos.
- Incluir mais um especialista quando necessário.
- Aplicar testes estatísticos
- Analisar resultados

2- Analisar a qualificação de cada configuração de sala de aula (seção 4.2.3):

- Estabelecer critério qualificação das variáveis de configuração de sala de aula.
- Separar as variáveis de configuração de salas de aula de acordo com os critérios estabelecidos.

3- Tratar as variáveis de configuração de salas de aula com qualificação diferenciada (seção 4.2.4) :

- Consultar especialistas para a elaboração do plano fatorial
- Entrevistar três especialistas.

- Analisar as respostas dos especialistas.
- Qualificar as configurações de salas de aula.

Os **materiais** utilizados foram:

- Configurações de salas de aula avaliadas por especialistas na dissertação de mestrado: “Otimização de projetos arquitetônicos considerando parâmetros de conforto ambiental: o caso das escolas da rede estadual de São Paulo” (GRAÇA, 2002) que está descrito na seção 4.2.1.
- Teste de Kruskal-Wallis e de Mann Whitney e software de tratamento de dados estatísticos.
- Entrevistas com especialistas de conforto térmico, acústico e visual.

A terceira parte do método, seção 4.3, foi realizada para responder as seguintes questões:

1- É possível aplicar os exemplos de soluções no desenvolvimento do projeto? Em que momento esses exemplos são úteis?
2- É possível aplicar a metodologia de projeto axiomático no desenvolvimento de um projeto?
3- Como avaliar a aplicação destas soluções e da metodologia?

Para responder estas questões foram elaboradas as seguintes etapas:
1- Aplicar os exemplos de soluções e a metodologia de projeto axiomático em um projeto desenvolvido por alunos de curso superior na disciplina de projeto (seção 4.3.1).

- Descrição do curso e da pedagogia
- Descrição do perfil de aluno
- Descrição das atividades desenvolvidas em sala

2- Avaliar a aplicação da metodologia e dos exemplos (seção 4.3.2).

- comparar o projeto existente escolhido pelos alunos e os estudos preliminares desenvolvidos com o mesmo programa arquitetônico e terreno.
- aplicar questionários de avaliação

Os **materiais** utilizados foram:

- Configurações de salas de aula constantes na dissertação de mestrado: "Otimização de projetos arquitetônicos considerando parâmetros de conforto ambiental: o caso das escolas da rede estadual de São Paulo" (GRAÇA, 2002).
- manual de normas de apresentação de projetos de edificações – arquitetura e paisagismo (FDE,2003)
- questionários respondidos pelos alunos.
- estudos preliminares realizados pelos alunos.

4.1 Fases de projeto de escolas realizadas por escritórios de arquitetura e definições de conforto ambiental (acústico, térmico e visual)

Nos catálogos de ambientes, componentes e equipamentos verifica-se que alguns itens analisados ou definidos nas fases de projeto e indicados pela Fundação de Desenvolvimento Educacional já se encontram especificados. Por exemplo, para a sala de aula as exigências ambientais, os componentes, instalações e equipamentos são:

- Pé direito mínimo: 3,00m.
- Área de iluminação mínima: 1/5 da área do piso.
- Área de ventilação mínima: 1/10 da área de piso.
- Laje obrigatória.
- Iluminação fluorescente.
- Nível mínimo de iluminamento: 500 lux.
- Iluminação natural à esquerda da lousa (vista de frente) ou iluminação zenital.

- Ventilação cruzada obrigatória através de caixilhos situados na parede oposta à das janelas.
- Paredes com acabamento em cores claras e impermeáveis.
- Piso de material impermeável, resistente a tráfego intenso e abrasão.
- EF-15 esquadria de ferro/ ventilação cruzada (L= 180cm)
- EF-20 esquadria de ferro (180cm x 180cm) ou
- EF-06 esquadria de ferro (180cm x 150cm)
- FP-01 faixa de proteção para sala de aula
- FP-02 guarnição em madeira para exposição
- IL-45 luminária aberta com refletor para lâmpada fluorescente /2 x 32W
- LG-01 lousa quadriculada (C= 461cm)
- PM- porta a especificar (L= 82cm)
- MR-02 mural (135cm x 120cm) - 01 unidade
- 8 luminárias / lâmpadas fluorescentes / 32W (IL-45)

Estas indicações são compreendidas como diretrizes de especificação. Pode-se dizer que talvez sejam utilizadas sem uma prévia análise das conseqüências para o conforto ambiental. Por esta razão se fez pesquisa junto aos escritórios de arquitetura para compreender como e em que momentos lidam com as questões de conforto no processo de projeto.

A pesquisa foi direcionada por questionário, conforme se visualiza na tabela 4.1.1, aplicado nos meses de junho, julho e agosto de 2006 a cinco escritórios de arquitetura que prestam serviços para a FDE. Este questionário foi elaborado considerando-se as funções e parâmetros de conforto térmico acústico e visual apresentados na seção 3.5[28]. Incluindo-se ainda questões referentes ao programa de projeto e ao uso de simulação.

[28] Utilizou-se o termo especificação e não parâmetro de projeto, pois junto com o parâmetro foi indicada a função e acredita-se que os escritórios estejam mais habituados com esta terminologia.

Tab. 4.1.1 Modelo de pesquisa realizada nos escritórios de arquitetura[29]

Há quantos anos desenvolve projetos de arquitetura?
( ) um ( ) 2-5 ( ) 6-10 ( ) mais de dez anos

Quantos projetos de escolas para a FDE este escritório já realizou?
( ) um ( ) 2-5 ( ) mais de cinco

Quantos projetos de escolas ou com programa para ensino este escritório já realizou?
( ) um ( ) 2-5 ( ) mais de cinco

Quais fases de **projeto** de arquitetura são desenvolvidas ou checadas por este escritório?
( )Programa arquitetônico de necessidades
( ) Vistoria do local
( ) Estudo preliminar
( ) Anteprojeto
( ) Projeto executivo
( ) outras fases? Quais.

Considerando as fases elencadas o que você considera ser desenvolvido em cada fase?
Caso a especificação não seja desenvolvida, por favor, coloque não se aplica.

Fase de projeto	Especificações	Não se aplica	Utiliza-se especificação da FDE	Utilizam-se outros métodos de decisão. Quais?
	Definição de Indicadores de qualidade do projeto para conforto ambiental (térmica, acústica, luminoso) (1)			
	Uso de questionários e entrevistas (2)			
	Avaliação do terreno (3)			
	Avaliação de custos(4)			
	Definição de diretrizes projetuais: Declaração de prioridades.(5)			
	Definição de atividades (layout e mobiliário) (6)			
	Posicionamento da edificação considerando o ruído externo. (7)			
	Controle do ruído externo através de barreiras acústicas e de elementos externos do/ao prédio. (8)			
	Classificação da acústica dos ambientes e agrupamento (9)			
	Tratamento dos ambientes para reduzir a reverberação (dimensão, formato e materiais) (10)			
	Estudo da forma e volume do prédio para amenizar a radiação solar (Forma e Orientação da edificação) (11)			
	Definição das aberturas para possibilitar a troca de ar de acordo com a atividade do ambiente (tamanho e localização).(12)			
	Definição da ventilação higiênica (sistema de ventilação ou tipo de caixilho) (13)			
	Definição de forma e material de cobertura para amenizar a radiação solar nos planos horizontais. (14)			
	Definição de tipos de proteção para fechamentos transparentes (vidros), para amenizar a radiação solar.(15)			
	Definição de cor, textura e material dos fechamentos externos opacos (alvenaria). (16)			
	Definição de orientação dos ambientes e tipo de abertura para possibilitar o uso da iluminação natural. (17)			
	Definição do tipo de caixilho e materiais transparentes para permitir a passagem de luz natural. (18)			
	Emprego de anteparos para evitar ofuscamento. (19)			
	Definição de cores nos ambientes internos para evitar ofuscamento. (20)			
	Escolha do sistema de iluminação artificial. (21)			
	Desenvolvimento de simulação computacional térmica. (22)		Qual programa?	
	Desenvolvimento de simulação computacional acústica. (23)		Qual programa?	
	Desenvolvimento de simulação computacional para iluminação. (24)		Qual programa?	

[29] Os números em parênteses após cada especificação foram colocados após as entrevistas para facilitar a tabulação de dados.

Como resultado descreve-se abaixo as respostas de cada escritório.

Todos os escritórios realizam projetos de arquitetura há mais de dez anos e desenvolvem a vistoria do local, o estudo preliminar, o anteprojeto, e o projeto executivo. Os escritórios 2, 3 e 5 consideram que o programa de projeto vem da FDE e fiscalizam a execução da obra. Os escritórios 1,2 e 3 fazem a compatibilização dos projetos complementares (estrutura, hidráulica, elétrica, telefonia).

O escritório 1 realizou um projeto escolar para a FDE e de 2 a 5 projetos de escolas ou com programa para ensino.

O escritório 2 realizou de 2 a 5 projetos de escolas para a FDE. e mais de cinco projetos de escolas ou com programa para ensino.

Os escritórios 3, 4 e 5 realizaram mais de cinco projetos de escolas para a FDE.

Os escritórios 2, 3 e 5 realizaram mais de cinco projetos de escolas ou com programa para ensino.

O escritório 4 realizou um projeto de escola ou com programa para ensino.

Cada escritório elencou as especificações nas fases de projeto conforme se visualiza na tabela 4.1.2.

Tab. 4.1.2 Respostas de escritórios de arquitetura das fases de projeto e especificações de conforto.

Seqüência de decisão das especificações										
Escritório 1		Escritório 2			Escritório 3		Escritório 4		Escritório 5	
Fase	Especificação	Fase		Especif	Fase	Especif	Fase	Especif	Fase	Especif
Vistoria	Uso de questionários e entrevistas (2) Avaliação do terreno(3)	1	Vistoria	(2) (3)	Estudo Prel.	(1) (3) (5) (6) (7) (9) (11) (12) (13) (14) (17) (18) (19)	Vistoria	(1) (2)	Vistoria	(2) (3)
Estudo Prelim.	Definição de diretrizes projetuais: declaração de prioridades (5) Definição de atividades (layout mobiliário (6)). Posicionamento da edificação considerando o ruído externo (7) Controle do ruído externo através de barreiras acústicas e de elementos esternos do/ao prédio (8) Classificação da acústica dos ambientes e agrupamento (9) Estudo da forma e volume do prédio para amenizar a radiação solar (11) Definição das aberturas para possibilitar a troca de ar de acordo com a atividade do ambiente (tamanho e localização) (12) Definição da ventilação higiênica (sistema de ventilação ou tipo de caixilho) (13) Definição de forma e material de cobertura para amenizar a radiação solar nos planos verticais (14) Definição de tipos de proteção para fechamentos transparentes, para amenizar a radiação solar (15) Definição de orientação dos ambientes e tipo de abertura para possibilitar o uso da iluminação natural (17) Definição do tipo de caixilho e materiais transparentes para permitir a passagem de luz natural (18) Emprego de anteparos para evitar ofuscamento (19)	2	Estudo Prelim.	(1) (4) (5) (9)			Estudo prelim.	(1) (2) (3) (4) (5) (9) (11) (14) (17) (19) (22) (23) (24)	Estudo Prelim.	(2) (3) (5) (6) (9) (11) (12) (13) (14) (15) (17) (18)
		3		(6) (7) (11) (12) (17)						
		4	Ante projeto	(8) (10) (13) (14) (15) (16) (18) (19) (20)					Ante Projeto	(2) (6) (12) (14)
		5	Projeto Execut.	(21)	Ante Projeto	(6) (12) (13) (15)	Ante Projeto	(4) (6) (11) (12) (13) (14) (15) (16) (17) (18) (19) (21)	Projeto Execut.	(2) (6) (12) (15) (16) (21)
Ante Projeto	Definição de atividades (layout dos ambientes) (6) Escolha do sistema de iluminação artificia l(21)	Não se aplica: (22, 23,24)							Não se aplica: (1,2, 4, 7, 8, 10, 19, 20, 22, 23[30], 24)	
Projeto Execut.	Definição de cor, textura, e material de fechamentos externos opacos (16) Definição de cores nos ambientes internos para evitar ofuscamento (20) Escolha do sistema de iluminação artificial (21)				Projeto Execut.	(15) (16) (18) (19) (21)	Projeto Execut.	(4) (6) (8) (12) (13) (15) (16) (18) (19) (21)		
Não se aplica: (1) Definição de Indicadores de qualidade do projeto para conforto ambiental (térmica, acústica, luminoso), (4) Avaliação de custos, (10) Tratamento dos ambientes para reduzir a reverberação (dimensão, formato e materiais), (22, 23, 24) Desenvolvimento de simulação computacional térmica, acústica e de iluminação.					Não se aplica: (2, 4, 8, 10, 20, 22, 23, 24)		Não se aplica: (7,8,10,20,22, 23,24)			

[30] Só aplicou uma vez e o serviço foi terceirizado.

Observa-se na tabela 4.1.2 que nenhum escritório realiza simulações de conforto térmico, acústico e visual, que a especificação 10 (Tratamento dos ambientes para reduzir a reverberação (dimensão, formato e materiais)) só foi realizada pelo escritório 2.

O escritório 2 nas observações destacou que:

> "Os números atribuídos tentam simular a seqüência nas quais as decisões de projeto são tomadas, mas é importante considerar que para nós o processo de projeto é orgânico sendo que uma decisão influi na outra e não raro altera aquelas que estão indicadas como anteriores. Ou seja: anterior aqui pode também ser entendido como prioritário. Não é a toa que a seqüência está composta de poucas etapas (de 1 a 5) com muitos itens em cada etapa: os itens são inextricavelmente vinculados (não se pode avaliar um critério sem pensar simultaneamente no outro.)".

Por uma questão de metodologia desta pesquisa, optou-se por atribuir as fases de projeto a cada seqüência de decisão do escritório 2. Como critério para tal atribuição considerou-se a não separação dos itens de cada etapa elencada pelo escritório e a quantidade de itens dos outros escritórios.

O escritório 5 também destacou que o método de trabalho não é linear. Por esta razão alguns itens se repetem em várias fases de projeto. Embora o escritório 4 não tenha comentado esta situação, em suas repostas verificam-se diversas especificações em várias fases de projeto.

Este tipo de resposta ou comentário ratifica a importância de se trabalhar nas fases de projeto considerando-se a tomada de decisão, em cada especificação, de um nível genérico de decisão para um nível detalhado, isto é que decisões iniciais de projeto influenciam as demais decisões e que o detalhamento de cada especificação pode solucionar ou solicitar mudanças nas decisões iniciais. Com esta afirmação pode-se dizer que é importante descartar no início de projeto decisões que durante o detalhamento tenham que ser modificadas.

Para definir em que fase de projeto os parâmetros geralmente são realizados, considerou-se a freqüência de respostas dos escritórios. Na tabela 4.1.2 observa-se que:

- Todos os escritórios elencaram as especificações 5, 9,11 e 17 no estudo preliminar e a 21 no projeto executivo.
- 80% dos escritórios elencaram a especificação 2 na vistoria do local, as especificações 6,12 e 14 no estudo preliminar, a especificação 6 no anteprojeto e a 16 no projeto executivo.
- 60% dos escritórios elencaram a especificação 3 na vistoria do local, as especificações 1, 3, 7,13, 18 e 19 no estudo preliminar e as especificações 13 e 15 no anteprojeto e 15 no projeto executivo.
- 100% dos escritórios não desenvolvem as especificações 22,23 e 24.
- 80% dos escritórios não desenvolvem a especificação 10.
- 60% dos escritórios não desenvolvem as especificações 4, 8 e 20.

Como resultado pôde-se elencar cada especificação (parâmetro) nas fases de projeto, conforme se visualiza na tabela 4.1.3. Utilizou-se como critério: alocar a especificação na fase considerando-se a maior porcentagem de respostas dos escritórios e tendo-se como critério mínimo que 60% dos escritórios indicam a especificação em determinada fase.

As especificações (parâmetros) que não obedecem este critério (4, 8, 10, 20, 22, 23 e 24) foram indicadas em fase de projeto conforme critérios abaixo:

- a especificação 4 (avaliação de custos) foi alocada em todas as fases por ser uma restrição ao projeto. [31]

[31] A especificação 4 não será objeto de estudo desta pesquisa, pois não se trata de uma questão de conforto ambiental.

- a especificação 8 (Controle do ruído externo através de barreiras acústicas e de elementos externos do/ao prédio.) foi alocada no anteprojeto e no projeto executivo, pois, depende de especificações realizadas no estudo preliminar.
- especificação 10 (Tratamento dos ambientes para reduzir a reverberação (dimensão, formato e materiais)) foi alocada em duas fases: no estudo preliminar, pois interfere na definição da especificação 6, e no projeto executivo, pois, depende de especificações do anteprojeto.
- a especificação 20 (Definição de cores nos ambientes internos para evitar ofuscamento) foi alocada no projeto executivo, pois depende de definições de outras especificações.
- as especificações 22, 23 e 24 (simulação computacional de térmica, acústica e iluminação) não foram alocadas em nenhuma fase, pois se considera que se tratam de ferramentas de auxílio ao projeto e que sua utilização depende do que se quer checar ou decidir e do programa, por este motivo acredita-se que podem ser utilizadas em qualquer fase.
- A especificação 25 (Definir elementos de construção e vegetação do entorno para proporcionar conforto térmico do entorno) não fez parte do questionário e foi alocada no anteprojeto, pois todas as especificações da FDE se encontram nesta fase de projeto.

Tab. 4.1.3 Fases de projeto e especificações (parâmetros) de conforto térmico, acústico e visual.

	Especificações alocadas segundo respostas dos escritórios			Especificações alocadas segundo critérios de dependência ou restrição
Fases de projeto	100%	80%	60%	
Vistoria do local[32]		- Uso de questionários e entrevistas (2)	- Avaliação do terreno (3)	
Estudo preliminar	- Definição de diretrizes projetuais: Declaração de prioridades.(5) - Classificação da acústica dos ambientes e agrupamento (9) - Estudo da forma e volume do prédio para amenizar a radiação solar (Forma e Orientação da edificação) (11) - Definição de orientação dos ambientes e tipo de abertura para possibilitar o uso da iluminação natural. (17)	- Definição de atividades (layout e mobiliário) (6) - Definição das aberturas para possibilitar a troca de ar de acordo com a atividade do ambiente (tamanho e localização)(12) - Definição de forma e material de cobertura para amenizar a radiação solar nos planos horizontais. (14)	- Definição de Indicadores de qualidade do projeto para conforto ambiental (térmica, acústica, luminoso) (1) - Avaliação do terreno (3) - Posicionamento da edificação considerando o ruído externo. (7) - Definição da ventilação higiênica (sistema de ventilação ou tipo de caixilho) (13) - Definição do tipo de caixilho e materiais transparentes para permitir a passagem de luz natural. (18) - Emprego de anteparos para evitar ofuscamento. (19)	- Avaliação de custos(4) - Tratamento dos ambientes para reduzir a reverberação (dimensão, formato e materiais) (10)
Anteprojeto		- Definição de atividades (layout e mobiliário) (6)	- Definição da ventilação higiênica (sistema de ventilação ou tipo de caixilho) (13) - Definição de tipos de proteção para fechamentos transparentes (vidros), para amenizar a radiação solar.(15)	- Avaliação de custos(4) - Controle do ruído externo através de barreiras acústicas. e de elementos externos do/ao prédio. (8) Definir elementos de construção e vegetação do entorno para proporcionar conforto térmico do entorno (25)
Projeto executivo	- Escolha do sistema de iluminação artificial. (21)	- Definição de cor, textura e material dos fechamentos externos opacos (alvenaria). (16)	- Definição de tipos de proteção para fechamentos transparentes (vidros), para amenizar a radiação solar. (15)	- Avaliação de custos(4) -Controle do ruído externo através de barreiras acústicas e de elementos externos do/ao prédio (8) - Tratamento dos ambientes para reduzir a reverberação (dimensão, formato e materiais) (10) - Definição de cores nos ambientes internos para evitar ofuscamento (20).

[32] A vistoria do local não será objeto de estudo desta pesquisa, pois se trata de uma fase de checagem do local para fornecer elementos para as fases seguintes.

Quanto à maneira que as especificações são realizadas, observa-se na tabela 4.1.4 que algumas especificações são realizadas de acordo com diretrizes da FDE, algumas com outros métodos de decisão e outras não foram indicadas métodos de decisão.

Tab. 4.1.4 Maneiras de especificar o projeto de escritórios de arquitetura

Escritório 1			Escritório 2			Escritório 3			Escritório 4			Escritório 5		
Esp.	FDE	Outros	Esp.	FDE	Outros	Esp.	FDE	Outros	Esp.	FDE	Outros	Esp.	FDE	Outros
1	Não se aplica		1	Sem indicação		1	X		1	X		1	Não se aplica	
2	Sem indicação		2	Sem indicação		2	Não se aplica		2	X		2	Não se aplica	
3	Sem indicação		3	Sem indicação		3	Sem indicação		3	X		3	X	H
4	Não se aplica		4	Sem indicação		4	Não se aplica		4	X		4	Não se aplica	
5	Sem indicação		5	Sem indicação		5	X		5	X		5	X	
6	X		6	X		6	X		6	X		6	X	I
7	Sem indicação		7	Sem indicação		7		B	7	Não se aplica		7		B
8	Sem indicação		8		A	8	Não se aplica		8	Não se aplica		8	Não se aplica	
9	Sem indicação		9	X		9	X	C	9	X		9	X	C
10	Não se aplica		10		A	10	Não se aplica		10	Não se aplica		10	Não se aplica	
11	Sem indicação		11	Sem indicação		11		D	11	X		11		J
12	Sem indicação		12	Sem indicação		12	X	E	12	X		12	X	E
13	X		13	Sem indicação		13	X		13	X		13	X	
14	X		14	X	A	14	X	F	14	X		14	X	K
15	X		15		A	15		A[33]	15	X		15		L
16	Sem indicação		16	X	A	16	X	G	16	X		16		M / G
17	Sem indicação		17	Sem indicação		17	X		17	X		17		J
18	X		18	X	A	18	X		18	X		18	X	
19	X		19		A	19		D	19	X		19	Não se aplica	
20	Sem indicação		20	Sem indicação		20	Não se aplica		20	Não se aplica		20	Não se aplica	
21	Sem indicação		21	X	A	21	X		21	X		21	X	
22	Não se aplica		22	Não se aplica		22	Não se aplica		22	Não se aplica		22	Não se aplica	
23	Não se aplica		23	Não se aplica		23	Não se aplica		23	Não se aplica		23		N
24	Não se aplica		24	Não se aplica		24	Não se aplica		24	Não se aplica		24	Não se aplica	

Obs. :
A= análise de materiais disponíveis no mercado
B= influência do terreno
C= separam quadra e área de recreação do setor pedagógico/ mesma indicação que a FDE
D= proposta do escritório/ vivência/ pesquisa
E= utiliza ventilação cruzada/ mesma indicação da FDE
F= evita recortes para facilitar a execução
G= critério estético
H= verifica topografia, acessos, insolação.
I= negociação com diversos agentes envolvidos.
J= insolação, partido do projeto, conceitos
K=limitação orçamentária
L= depende da plástica, técnica construtiva, da orientação do ambiente.
M= a textura depende da técnica construtiva
N= serviço terceirizado (realizado uma única vez)

[33] Com quesitos de durabilidade, preço, manutenção, beleza e proteção contra vandalismo.

Na tabela 4.1.4 verifica-se que:

- 100% dos escritórios seguem as diretrizes da FDE para as especificações 6,14 e 18.
- 80% dos escritórios seguem as diretrizes da FDE para as especificações 9,13 e 21.
- 60% dos escritórios seguem as diretrizes da FDE para as especificações 5,12 e 16.
- Os escritórios 1 e 4 para todas as especificações indicadas, utilizam as diretrizes da FDE.
- O escritório 2 para todas as especificações indicadas utiliza as diretrizes da FDE e/ou análise de materiais disponíveis no mercado.
- Os escritórios 3 e 5, na maioria das especificações, seguem as diretrizes da FDE, citam a tomada de decisão por influência do terreno, por questões construtivas, por questões estéticas. Através da vivência, pesquisa, conceitos e partido de projeto.
- O escritório 5 destacou ainda a influência das restrições orçamentárias na tomada de decisão.

Quanto à maneira de tomar decisões no projeto, nas observações, o escritório 3 acredita que a padronização da FDE auxilia no projeto e é fruto de um trabalho de longo prazo. O escritório 5 acredita que os problemas das escolas são mais de diretoria do que da equipe de projeto da FDE e que o conforto ambiental não tem sido a principal questão que norteia o projeto, sendo os norteadores a funcionalidade (interação entre ambientes) e a estabilidade da construção, fato também comentado pelo escritório 1. O escritório 5 ainda ressalta que o custo elevado ou não previsto da contratação de profissionais de conforto ambiental (térmico, acústico e visual) pode inviabilizar o tratamento técnico destas questões.

4.2 Análise estatística das variáveis de projeto[34] (exemplos de soluções)

A análise estatística foi realizada considerando-se as variáveis de projeto avaliadas pelos especialistas (descritas na seção 4.2.1) e três fatores:

- a opinião dos especialistas isto é, se em média o conjunto das respostas dos especialistas foram parecidos, para isso se aplicou o teste de hipóteses (descrito na seção 4.2.2).
- a interpretação de cada variável (exemplo de solução): como qualificar as respostas dos especialistas de cada configuração de sala de aula (descrito na seção 4.2.3)
- o planejamento fatorial das variáveis consideradas diferenciadas (descrito na seção 4.2.4).

4.2.1 Variáveis de projeto avaliadas por especialistas.

Nesta seção são transcritos os procedimentos realizados em (GRAÇA, 2002b) para a avaliação das configurações de salas de aulas por especialistas. Esta avaliação considerou: para o conforto acústico sua localização em relação ao pátio, para o conforto térmico suas aberturas, ventilação predominante e orientação e para o conforto visual seu formato, suas aberturas e orientação.

A qualificação de cada configuração foi realizada através da opinião de três especialistas com o uso de uma escala semântica contínua de cinco pontos, isto é os especialistas poderiam marcar pontos intermediários entre os cinco pontos nominais. A escala de cinco pontos (péssimo, ruim, bom, muito bom e ótimo) foi quantificada por valores lineares distribuídos entre 0 e 1.

---

[34] Variáveis de projeto neste caso se referem às configurações de salas de aula avaliadas pelos especialistas de conforto térmico, acústico e visual. Estas variáveis são consideradas como exemplos de soluções para a aplicação no processo de projeto arquitetônico.

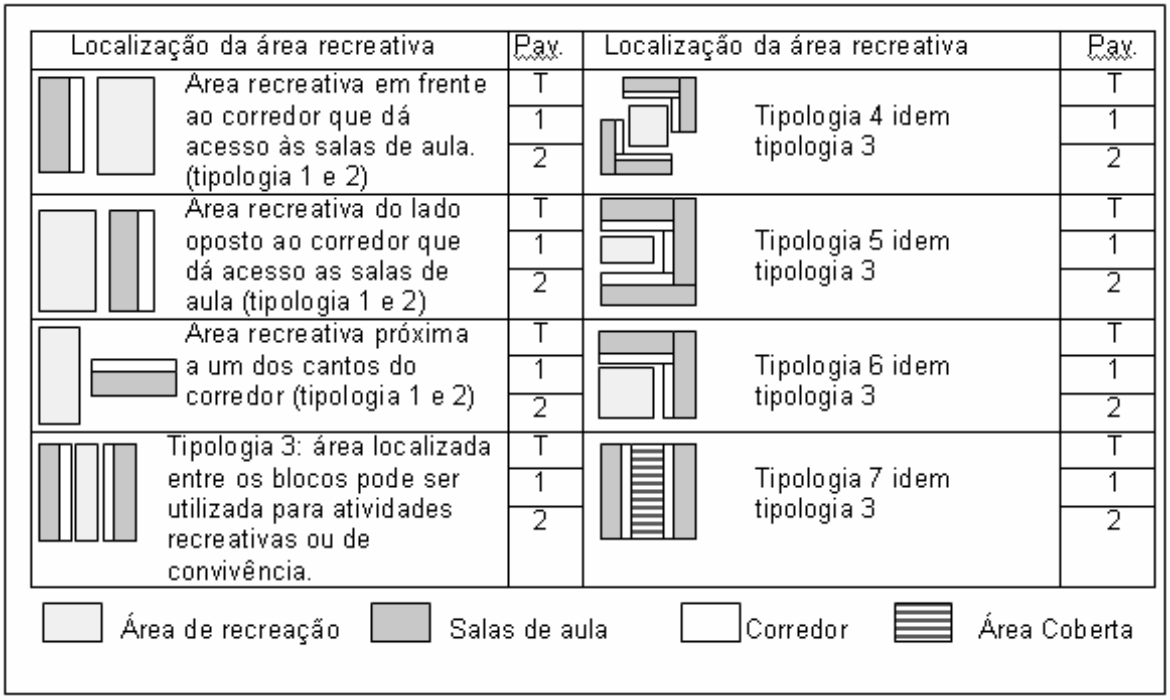
4.2.1.1 Variáveis de projeto avaliadas por especialistas de conforto acústico (GRAÇA, 2002b)

As falhas decorrentes de problemas acústicos em relação à forma se relacionam ao posicionamento de ambientes geradores de ruídos em cada tipologia. As soluções para este tipo de problema consistem na aplicação de materiais acústicos isolantes e fechamento de aberturas como portas e janelas. Existe certa dicotomia entre parâmetros de conforto acústico e conforto térmico uma vez que o fechamento das aberturas favorece as questões acústicas, mas prejudica a condição da ventilação.

A atividade da fala é importante na sala de aula, e a inteligibilidade depende do ruído de fundo do ambiente, do tempo de reverberação e do nível sonoro da fala (ERDREICH,1999). Equipamentos de amplificação da voz dificilmente são utilizados em sala de aula. O ruído de fundo pode ser minimizado de acordo com a tipologia do projeto, forma do ambiente, interferências entre salas e localização de atividades ruidosas. O tempo de reverberação depende do volume da sala e dos tipos de materiais de acabamento utilizados, pode-se considerar a adequação com volume ao uso como uma restrição que deve atender a proporção volume/pessoa de 2.8 a 4.9 (SMITH et al, 1983).

A implantação da escola em ruas movimentadas é uma imposição que dificilmente depende do projetista, portanto pode-se admitir o seguinte princípio de projeto: a implantação de escolas em locais de grande tráfego deve considerar tratamentos acústicos pertinentes.

Considerou-se como parâmetro acústico, para a fase de anteprojeto, a minimização do ruído através da relação de proximidade de áreas com atividades ruidosas próprias do ambiente interno escolar (pátio coberto ou quadra) à sala de aula de acordo com a tipologia do projeto e do andar que a mesma se localiza. Assim foram elaboradas, conforme figura 4.2.1.1.1, as seguintes variáveis.



Observações:
- portas das salas de aula voltadas para o corredor e se encontram fechadas
- janelas se localizam em parede oposta ao corredor e se encontram abertas e
- na tipologia 7 a área de recreação se localiza no pavimento térreo e a cobertura no pavimento superior.

Fig. 4.2.1.1.1 Variáveis de projeto para conforto acústico.

Foram realizadas entrevistas com três especialistas da área de conforto acústico, direcionadas através de questionário considerando a escala de valores semântica péssimo, ruim, bom, muito bom e ótimo para cada caso, como se verifica na figura 4.2.1.1.2. Os especialistas que avaliaram as variáveis de projeto atuam na área de conforto ambiental a pelo menos dez anos como pesquisadores e docentes.

Observou-se que todos os especialistas consideraram que não há diferença na qualificação de cada variável quanto ao pavimento (térreo, primeiro ou segundo andar) de localização das salas de aula.

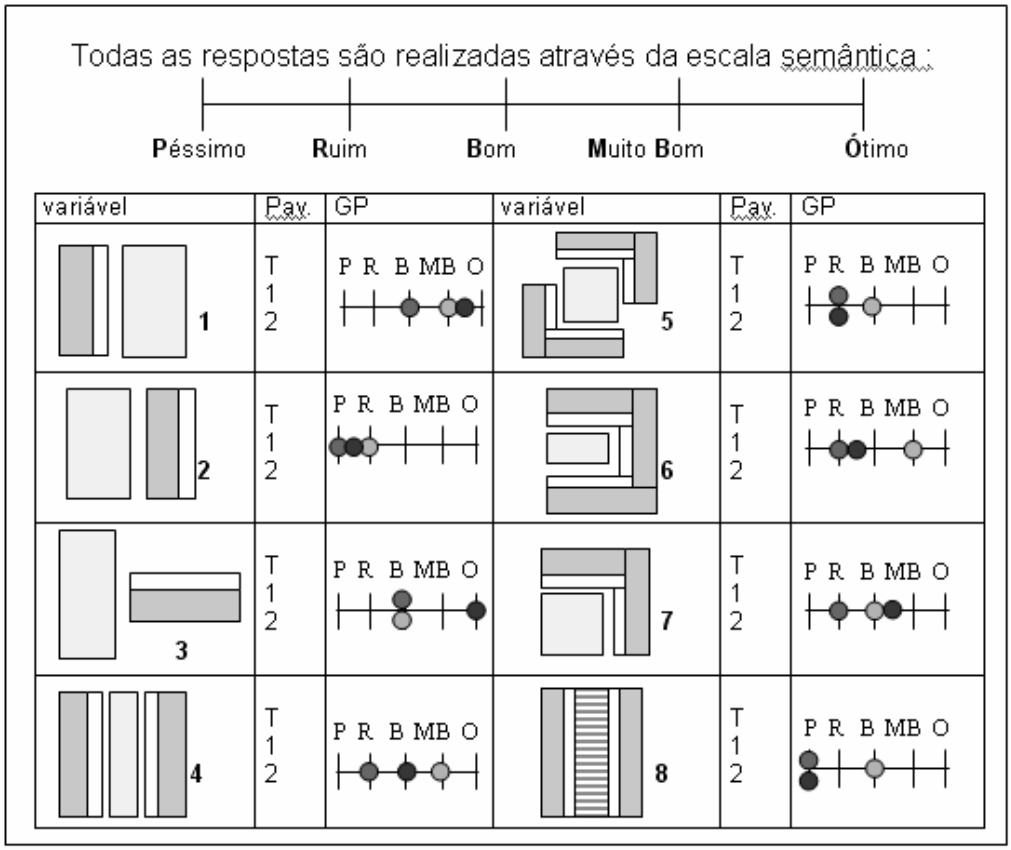


Fig. 4.2.1.1.2 Qualificação das variáveis de conforto acústico feita pelos especialistas

A escala para o parâmetro acústico foi quantificada através do grau de pertinência obtido pela média das respostas dos três especialistas para cada variável, associando-se o valor 1 para o parâmetro ótimo e zero para o parâmetro qualificado como péssimo conforme se verifica na tabela 4.2.1.1.1.

Tabela 4.2.1.1.1 Quantificação das variáveis acústicas de projeto

variável	GP	variável	GP
1	0,71	5	0,33
2	0,21	6	0,46
3	0,67	7	0,46
4	0,50	8	0,17

4.2.1.2 Variáveis de projeto avaliadas por especialistas de conforto térmico (GRAÇA, 2002b)

As falhas de projeto que decorrem da forma estabelecida no anteprojeto, se relacionam principalmente à orientação solar e a ventilação das aberturas. As soluções para estes tipos de falhas podem envolver a utilização de equipamentos de ar condicionado, de vidros especiais, de brises e cortinas. Algumas destas soluções podem gerar outros tipos de problemas, tais como consumo energético maior, viciamento do ar interno da edificação gerando problemas de saúde, bem como a criação de espaços e nichos para cultura de bactérias e pequenos animais.

No zoneamento bioclimático brasileiro (NBR15220-3/2005) há a divisão do país em 8 zonas relativamente homogênias quanto ao clima. No caso do Estado de São Paulo, as 40 cidades classificadas se dividem conforme tabela 4.2.1.2.1:

Tab. 4.2.1.2.1.Zoneamento bioclimático para o estado de São Paulo (baseado em NBR15220-3/2005)

% de incidência	zona	Estratégias
2,5	1	**ABCF**
7,5	2	**ABCFI**
42,5	3	**BCFI**
22,5	4	**BCDFI**
10	5	**CFIJ**
15	6	**CDFHIJ**

As estratégias/diretrizes para o projeto são caracterizadas de acordo com a tabela 4.2.1.2.1. Observa-se através das tabelas 4.2.1.2.1 e 4.2.1.2.2 que o Estado de São Paulo possui sua maior região englobando a zona 3, qualificada pelas estratégias BCFI, que se referem, respectivamente à zonas de: 1) aquecimento solar da edificação com a diretriz orientação solar; 2) de massa térmica para aquecimento com a diretriz de uso de paredes internas pesadas; 3) zona de desumidificação com a diretriz de renovação de ar interno através da ventilação e 4) zona de massa térmica de

evaporação e ventilação com a diretriz uso de paredes e coberturas com maior massa térmica e ventilação cruzada.

Tab. 4.2.1.2.2 Estratégias do zoneamento bioclimático para o estado de São Paulo (baseado em NBR15220-3/2005)

Diretrizes/ estratégias	% de incidência das estratégias	Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico passivo para edificações unifamiliares de interesse social
A – zona de aquecimento artificial	10	Durante o período de frio necessário utilizar roupas pesadas. Uso de aquecimento artificial para amenizar desconforto térmico no frio
B- zona de aquecimento solar da edificação	76	A forma, a orientação a implantação da edificação, a correta orientação de superfícies envidraçadas, contribuem para otimizar o aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes é importante no aquecimento dos ambientes aproveitando a radiação solar.
C- zona de massa térmica para aquecimento	100	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
D- zona de Conforto térmico (baixa umidade)	22,5	Caracteriza a zona de conforto térmico (a baixas umidades).
F- zona de desumidificação (renovação de ar)	100	As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes renovando-se o ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes.
H- zona de resfriamento evaporativo e massa térmica de refrigeração	15	Em regiões quentes e secas, o conforto no período de verão pode ser amenizado através da evaporação da água. Utilizando-se vegetação, fontes de água ou recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar.
I- zona de massa térmica de evaporação e ventilação	97,5	I-Uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite quando as temperaturas externas diminuem. I e J- Ventilação cruzada através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta. Verificar os ventos predominantes da região e o entorno.
J- zona de ventilação	10	

As primeiras considerações em projeto que são usualmente feitas no processo de criação da forma tratam da orientação solar e da ventilação através da localização das aberturas dos ambientes que compõem o programa de projeto. A qualificação desses parâmetros deve considerar as possíveis soluções de projeto. No caso de orientação foram verificadas as orientações norte, sul, leste, oeste e as posições intermediárias. No caso da ventilação foram consideradas a direção predominante do vento em relação a orientação do ambiente e localização das aberturas (ventilação cruzada em diferentes posicionamentos) (PRATA et al, 1997).

Portanto, foram qualificadas sete configurações de salas de aula considerando-se as posições das aberturas. Estas configurações podem se apresentar em oito tipos de orientação solar e direção do vento predominante. Representando um total de 56 variáveis de projeto representados nas figuras 4.2.1.2.1. e 4.2.1.2..2

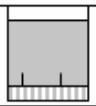
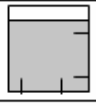
Representação da sala de aula	7 Posições de aberturas
	1- Aberturas em paredes paralelas
	2- Aberturas em paredes adjacentes
	3- Aberturas em paredes adjacentes
	4- Abertura em parede protegida por corredor
	5- Abertura em parede oposta ao corredor
	6- Abertura em parede oposta ao corredor protegida por varanda
	7- Aberturas em paredes adjacentes

Fig. 4.2.1.2.1 Configurações das salas de aula e suas aberturas.

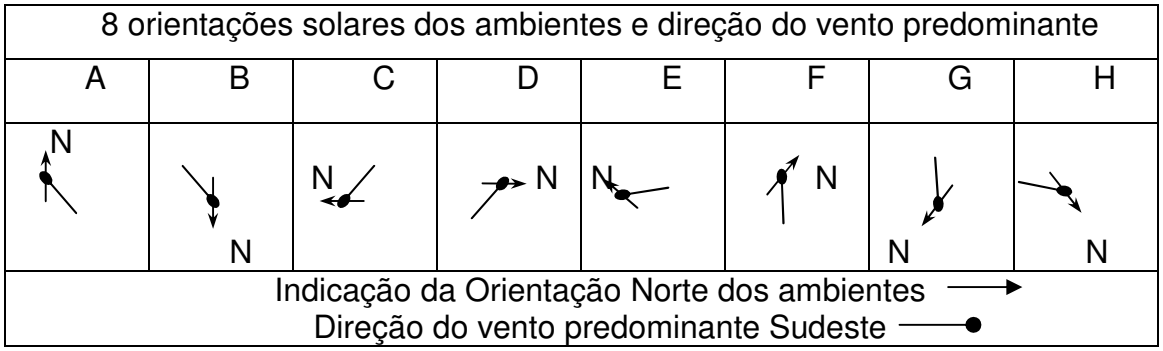


Fig.4.2.1.2.2 Posições das orientações e direção dos ventos predominantes

Para qualificar estas variáveis de projeto foram realizadas entrevistas com três especialistas da área de conforto térmico.

As entrevistas foram direcionadas através de questionário considerando a escala de valores semântica péssimo, ruim, bom, muito bom e ótimo para cada caso como se verifica na figura 4.2.1.2.3.

Os especialistas que participaram desta entrevista se caracterizam por estarem neste ramo de atividade a mais de cinco anos (ministrando disciplinas afins ou prestando serviços de assessoria à projetos).

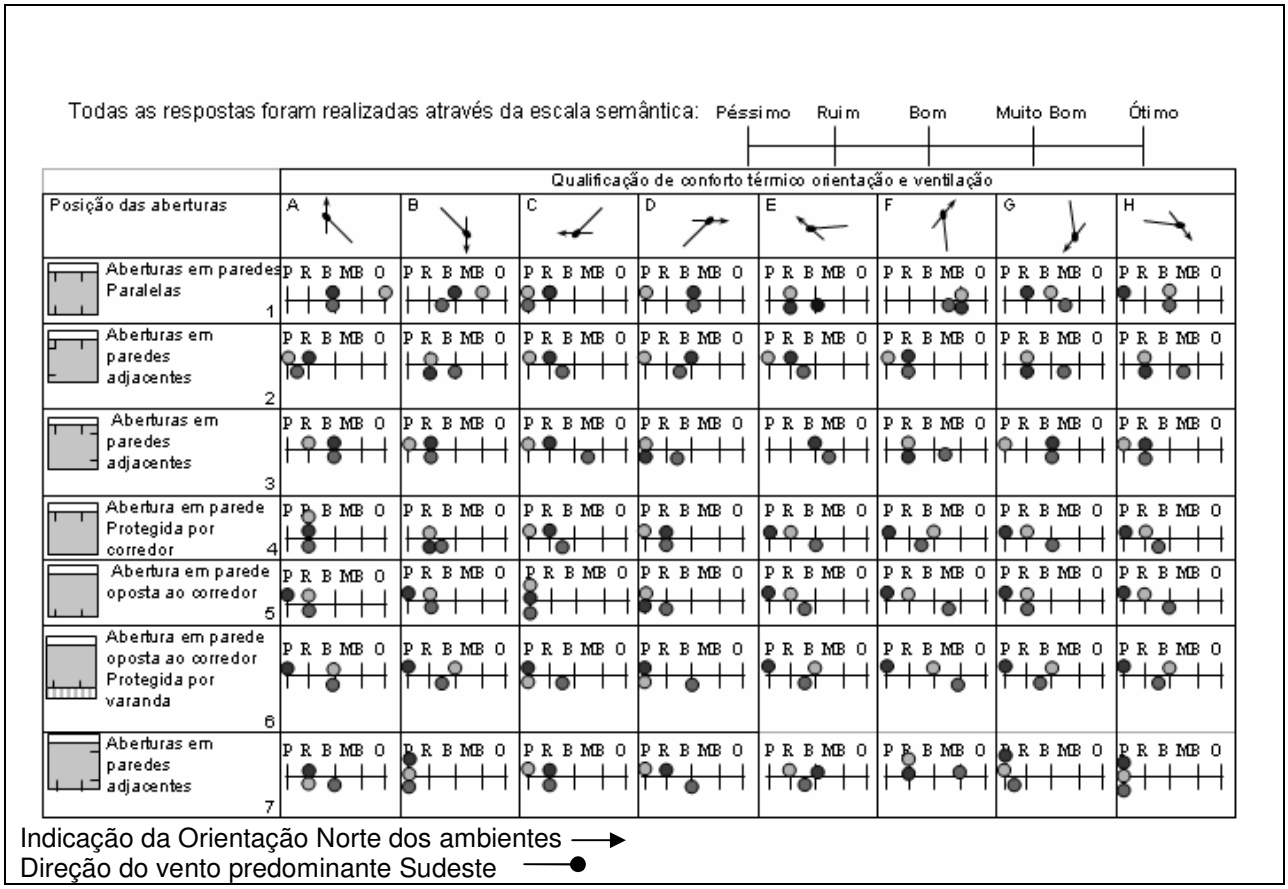
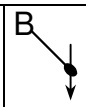


Fig. 4.2.1.2.3 Qualificação das variáveis de conforto térmico feita pelos especialistas

A escala semântica utilizada para qualificar as variáveis de projeto foi quantificada através do grau de pertinência obtido pela média das respostas dos três especialistas em cada variável, associando-se o valor 1 para o parâmetro ótimo e zero para o parâmetro qualificado como péssimo conforme se verifica na tabela 4.2.1.2.3.

Tab. 4.2.1.2.3 Grau de Pertinência das variáveis de projeto para conforto térmico

	Quantificação de conforto térmico orientação e ventilação							
Posição das aberturas	A	B 	C	D	E	F	G	H
1	0,67	0,54	0,08	0,33	0,33	0,71	0,46	0,33
2	0,13	0,33	0,21	0,29	0,21	0,17	0,38	0,38
3	0,42	0,25	0,29	0,13	0,46	0,29	0,33	0,17
4	0,25	0,29	0,21	0,17	0,25	0,29	0,25	0,21
5	0,17	0,17	0,00	0,08	0,21	0,29	0,17	0,25
6	0,33	0,29	0,13	0,17	0,29	0,42	0,29	0,29
7	0,33	0,00	0,17	0,25	0,38	0,42	0,04	0,00

4.2.1.3 Variáveis de projeto avaliadas por especialistas de conforto visual (GRAÇA, 2002b)

A utilização correta da iluminação natural pode reduzir de forma significativa a utilização de luz elétrica na maioria dos climas. Nos climas tropicais existe ainda a vantagem das características destes climas permitirem uma iluminação natural durante quase todo o período diurno anual. Uma iluminação natural correta melhora a satisfação do usuário do ambiente e diminui o consumo de energia (SCARAZZATO et al,1996).

A distribuição da luz no ambiente interno depende de um conjunto de variáveis, tais como: disponibilidade da luz natural, obstruções externas, tamanho, orientação, posição e detalhes das aberturas, características óticas dos envidraçados, tamanho e geometria do ambiente e refletividade das superfícies internas. A eficiência da luz natural depende da iluminação da abóbada celeste, do ângulo de incidência da luz, da cor empregada no ambiente e da cor e natureza dos vidros por onde penetra a luz. A manutenção e limpeza dos vidros também é um fator de influencia.

O planejamento do projeto visando a luz natural deve partir da identificação das atividades desenvolvidas e das características dos objetos considerados importantes

dentro dos ambientes. A qualidade funcional é aquela exigida pelas atividades a serem abrigadas por um ambiente, determinada em função do correto desenvolvimento de tarefas visuais específicas. Relaciona-se às definições do espaço arquitetônico, distribuição e direção de luz e ausência de ofuscamento. Na utilização de métodos de avaliação procura-se garantir a qualidade funcional do ambiente projetado, ou aferir as condições reais existentes.

Existem diversos métodos de avaliação de iluminação natural para as edificações, estes métodos podem ser considerados como modelos que prevêem o comportamento da luz natural no interior da edificação. Como a maioria dos modelos, é realizada simplificações e abstrações da realidade para a formulação matemática do problema. Pode-se dizer que os modelos são abstrações da realidade que possuem certas limitações e que podem fornecer dados quantitativos e qualitativos da iluminação natural no interior das edificações, podendo auxiliar o projetista a tomar decisões.

Vários métodos foram propostos a partir da década de 20, sendo que com a crise de petróleo na década de 70, aumenta a necessidade de se criar ferramentas que auxiliem no desenvolvimento de projetos e na avaliação quantitativa sobre a suficiência ou não da luz natural (SCARAZZATO et al,1996). Estes métodos podem ser divididos em três tipos: métodos gráficos simplificados, simulações com modelos em escala reduzida e modelagem matemática através de simulações computacionais. Além destes, pode-se incluir a Avaliação Pós-Ocupação que embora seja realizada após a execução do ambiente, proporciona um feedback ao projeto que pode fornecer dados para novos projetos através da utilização de banco de dados quantitativo e qualitativo do ambiente construído.

Os métodos gráficos são de fácil aplicação, porém nota-se que a análise é considera uma situação por vez, como por exemplo, um determinado horário em um determinado dia. As simulações computacionais geralmente exigem uma série de dados de entrada o que nem sempre é possível. Há também limitações teóricas que são frutos de suposições que nem sempre são conhecidas pelos usuários do programa,

e os modelos em escala reduzida mostram-se efetivos para os cálculos de iluminação mas demandam tempo para a confecção de maquetes.

Percebe-se que os métodos de avaliação de iluminação natural se utilizam de um conjunto de variáveis que muitas vezes ainda não estão formuladas na fase de anteprojeto. Portanto a tomada de decisão nesta fase geralmente é realizada de forma empírica confiando-se na experiência do projetista.

A complexidade da iluminação natural nos ambientes e os diversos parâmetros que compõem sua avaliação, permitem considerar, na fase de anteprojeto, o uso de instrumentos de avaliação que se baseiam no método de índices de confiabilidade, ou seja no julgamento de especialistas quanto à orientação e formato dos ambientes para qualificar anteprojetos de escolas.

Ambientes com o mesmo formato possuem iluminação diferenciada de acordo com a orientação das fachadas (SCARAZZATO et al,1996). Assim sendo, pode-se dizer que um dos fatores que contribuem para conforto luminoso e que modifica a forma do projeto, portanto de relevância na fase de anteprojeto, se refere à orientação de implantação das aberturas das salas de aula.

Verificando os projetos de escolas considerados nesta pesquisa, notou-se que geralmente as paredes que possuem janelas permitem a abertura total do vão, além disso a definição do caixilho com a indicação de seu tamanho exato e de seu modelo geralmente é realizada em fase posterior no processo de projeto, por este motivo foi simbolizado no questionário apenas a face de localização das aberturas das janelas sem se considerar a área ou tipo de janela.

Salas de diferentes formatos e com a mesma área de aberturas e de piso podem possuir diferenças na iluminação natural de acordo com o posicionamento da abertura no ambiente. Verificou-se, através da análise dos projetos, que o formato predominante das salas de aula é o quadrado, existindo algumas salas de formato retangular.

O formato do ambiente e a orientação das aberturas são parâmetros de projeto que se complementam, de modo que um influência o outro, ou seja, uma boa orientação das aberturas pode ser prejudicada pelo formato da sala de aula e vice-versa. Sendo assim o questionário considerou a fusão destes dois parâmetros através da elaboração das variáveis de projeto representadas na figura 4.2.1.3.1:

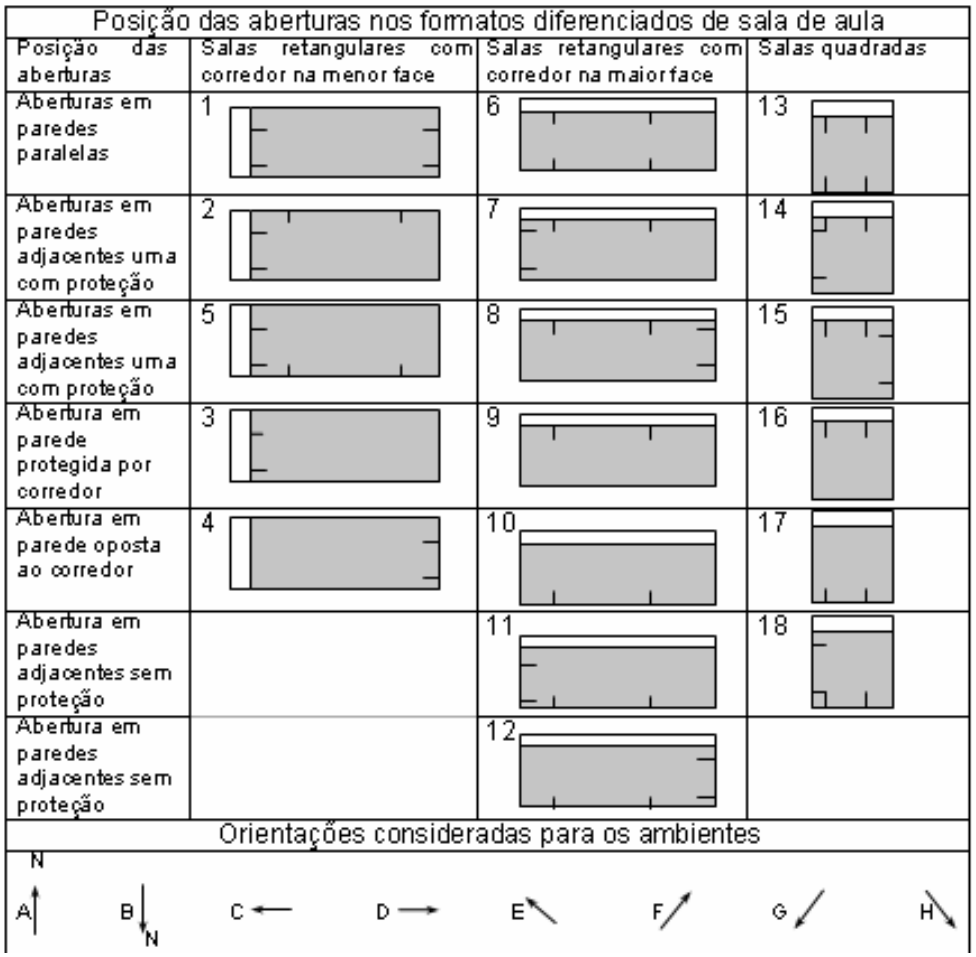


Fig. 4.2.1.3.1 Variáveis de projeto para conforto visual

Para qualificar estas variáveis de projeto foram realizadas entrevistas com três especialistas da área de conforto luminoso, direcionadas através de questionário

considerando a escala de valores semântica péssimo, ruim, bom, muito bom e ótimo para cada caso como se verifica na figura 4.2.1.3.2.

Os especialistas que participaram desta entrevista se caracterizam por estarem neste ramo de atividade (ministrando disciplinas afins e/ou prestando serviços de assessoria a projetos) a mais de cinco anos.

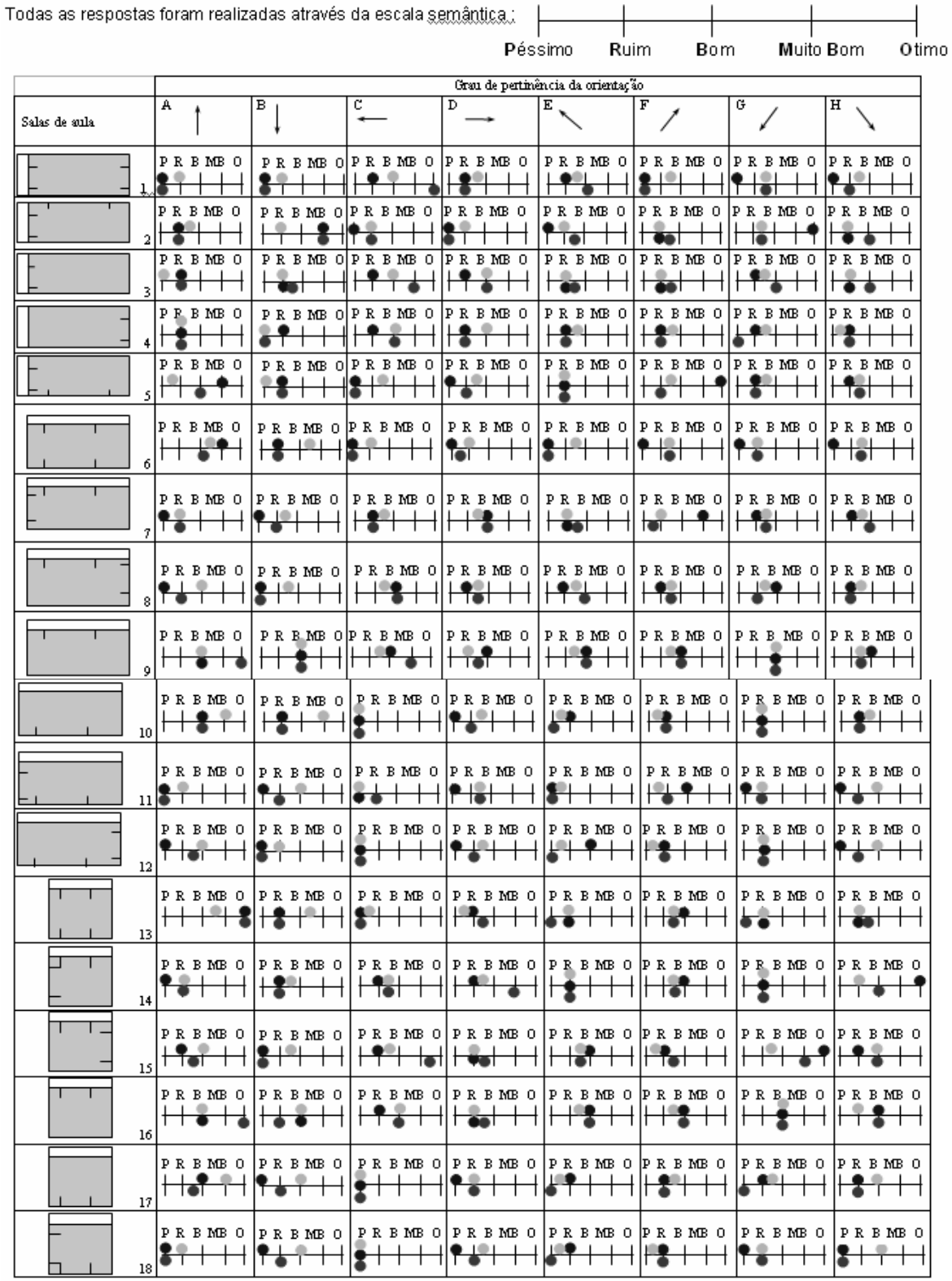


Fig. 4.2.1.3.2. Qualificação das variáveis de conforto visual realizada pelos especialistas.

As variáveis qualificadas pelos especialistas através do diferencial semântico foram quantificadas através do grau de pertinência obtido pela média das respostas, associando-se o valor 1 para a qualificação ótima e zero para a qualificação péssima, conforme se verifica na tabela 4.2.1.3.1.

Tab. 4.2.1.3.1.Grau de Pertinência das variáveis de projeto para conforto visual.

	Quantificação de conforto luminoso orientação							
Salas de aula	A ↑	B ↓	C ←	D →	E ↖	F ↗	G ↙	H ↘
1	0,08	0,08	0,58	0,29	0,38	0,13	0,25	0,21
2	0,29	0,63	0,17	0,08	0,21	0,29	0,59	0,33
3	0,17	0,29	0,50	0,42	0,29	0,29	0,38	0,38
4	0,25	0,08	0,42	0,33	0,29	0,29	0,21	0,21
5	0,46	0,17	0,13	0,21	0,25	0,54	0,29	0,34
6	0,63	0,38	0,08	0,13	0,13	0,25	0,17	0,25
7	0,17	0,21	0,29	0,46	0,29	0,38	0,25	0,38
8	0,25	0,13	0,46	0,34	0,38	0,34	0,38	0,33
9	0,67	0,50	0,54	0,38	0,46	0,46	0,50	0,42
10	0,58	0,42	0,00	0,21	0,13	0,21	0,25	0,33
11	0,08	0,25	0,08	0,25	0,04	0,29	0,17	0,25
12	0,29	0,08	0,00	0,21	0,21	0,25	0,25	0,25
13	0,88	0,38	0,04	0,25	0,17	0,42	0,17	0,29
14	0,17	0,29	0,34	0,46	0,25	0,38	0,29	0,63
15	0,38	0,13	0,50	0,29	0,38	0,34	0,71	0,42
16	0,67	0,42	0,42	0,29	0,46	0,46	0,50	0,42
17	0,54	0,25	0,00	0,17	0,13	0,25	0,17	0,33
18	0,08	0,25	0,00	0,21	0,13	0,21	0,17	0,33

4.2.2 Análise da concordância do conjunto de respostas dos especialistas

Na revisão bibliográfica realizada sobre escalas (capítulo 3.1) observa-se que se pode considerar a escala utilizada como uma escala de mensuração denominada intervalar isto é, mede atributos de forma que os intervalos representam quantidades regulares de atributos. Tem-se a definição de unidade de mensuração. Pode-se afirmar que uma medida é igual ou diferente, maior ou menor e quanto maior do que outra. São

muito utilizadas para medir atitudes, opiniões, conscientização e preferências, onde a preocupação é estabelecer medidas relativas e não absolutas.

As estatísticas possíveis para este tipo de escala são reproduzidas na tabela 4.2.2.1

Tab. 4.2.2.1 Possibilidades estatísticas de acordo com a escala utilizada.

Escala	Estatísticas possíveis
Intervalo	Moda, Mediana, Média, intervalo, amplitude total, amplitude média, desvio médio, variância, desvio padrão, teste z, teste t, análise de variância, correlação de produto-momento, teste Mann-Whitney, Kruskal Wallis, Kolmogorov-Smirnov

Na tabela 4.2.2.1 observa-se a presença de testes paramétricos e não paramétricos. Nesta pesquisa considera-se que o conjunto de respostas dos especialistas não supõe parâmetros de distribuição conhecidos, assim os testes paramétricos foram descartados. Por este motivo a análise das repostas dos especialistas considerou o teste de Kruskal-Wallis e o de Mann-Whitney. Os procedimentos para a realização destes testes se encontram em MORCILLO (2003) e BUSSAB (2003). Nesta pesquisa foi utilizado o software STATGWIN para sua aplicação.

O teste de Kruskal-Wallis avalia se três ou mais amostras são iguais ou diferentes, e o teste de Mann-Whitney avalia a existência de diferença significativa entre duas amostras. Como critério para estabelecer a possibilidade do uso da opinião de especialistas para a qualificação de configurações de sala de aula foi considerado que:

1- se pelo menos dois especialistas concordarem quanto à qualificação de todas as variáveis, então é possível utilizar a opinião de especialistas baseada numa escala semântica e parte-se para a análise de cada variável.
2- se houver empate isto é, o especialista 1 concorda com especialista 2, especialista 3 concorda com especialista 1, mas, especialistas 2 e 1 não concordam então se faz necessário mais uma opinião.

3- se não houver concordância de nenhum especialista então não é possível qualificar as variáveis de acordo com a opinião de especialistas, devendo-se procurar outros meios para comparar as variáveis.

4.2.2.1 Análise das respostas dos especialistas de conforto acústico

Ao realizar o teste Kruskal-Wallis tendo como hipóteses:

Ho= o conjunto de respostas dos três especialistas são iguais
H1= o conjunto de respostas dos três especialistas são diferentes

Obteve-se como resposta a existência de diferença estatística significativa entre as medianas dos três conjuntos considerando-se um nível de confiabilidade de 95%.

A figura 4.2.2.1.1 representa através de retângulos os quartis (q) 1,3, a mediana através de uma cruz; a média, os limites superior e inferior são representados com um traço; e os asteriscos são os valores atípicos. Estes valores são importantes para se ter uma boa idéia da assimetria da distribuição dos dados. O quartil 1 ou q(0,25), o quartil 2 ou q(0,5) ou mediana e o quartil (3) ou q(0,75) são medidas de localização resistentes de uma distribuição isto é, são medidas pouco afetadas por mudanças de uma pequena porção dos dados. A média e o desvio padrão não são medidas resistentes (BUSSAB e MORETTIN, 2003).

Ao analisar a figura 5.2.1.1 observa-se, por exemplo, que o especialista 1 possui mediana com valor 0,47, q(1) com valor 0,19, q(3) com valor 0,78, limite inferior com valor zero, limite superior com valor 1 e média 0,47. No caso dos especialistas 2 e 3 há coincidência entre q(1) e mediana. O especialista 1 possui as respostas distribuídas na escala semântica, o especialista 2 possui a maioria das respostas entre ruim e bom e o especialista 3 possui a maioria de respostas localizadas entre bom e muito bom na escala semântica. O maior valor atribuído pelo especialista 2 foi 0,5, que

corresponde a bom na escala semântica, e o especialista 3 atribuiu o valor 0,75, que corresponde a muito bom na escala semântica.

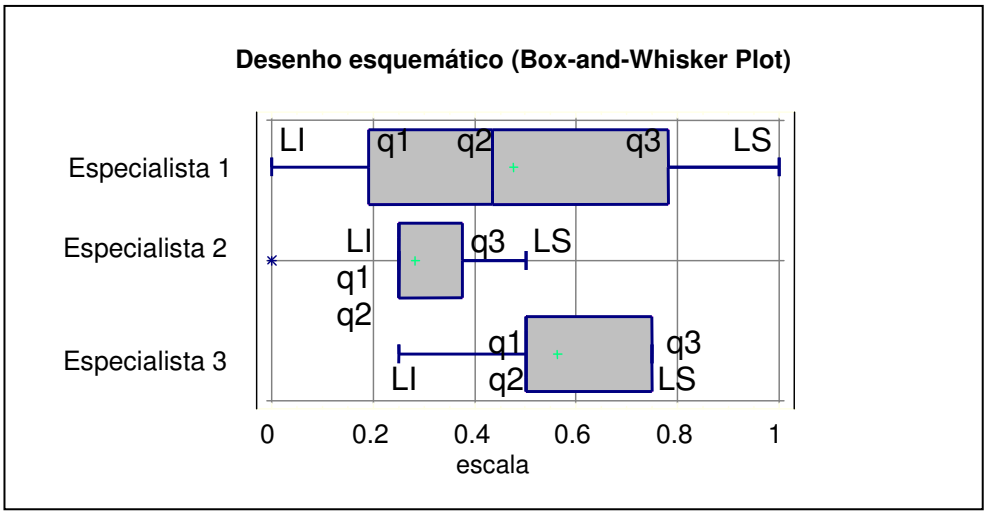


Fig. 4.2.2.1.1 Respostas dos especialistas de conforto acústico

Feita estas considerações partiu-se para o teste de Mann-Whitney para comparar os especialistas par a par. As hipóteses foram:

Ho= o conjunto de respostas dos dois especialistas são iguais (1e2)(1e3)(2e3)
H1= o conjunto de respostas dos dois especialistas são diferentes (1e2)(1e2)(2e3)

Como resultado tem-se a tabela 4.2.2.1.1 onde se visualiza que não existe diferença estatística significativa do conjunto de respostas do especialista 1 com os especialistas 2 e 3 com um nível de confiabilidade de 95%. Porém os especialistas 2 e 3 possuem conjuntos de respostas estatisticamente diferentes.

Tab. 4.2.2.1.1 Análise das respostas dos especialistas de conforto acústico par a par.

	Conjunto de respostas iguais	
Especialista 1	X	X
Especialista 2	X	
Especialista 3		X

Observa-se que a análise estatística das respostas dos especialistas mostra que houve empate isto é, o especialista 1 concorda com especialista 2, especialista 3 concorda com especialista 1, mas, especialistas 2 e 3 não concordam então se fez necessário mais uma opinião.

Ao realizar entrevista com mais um especialista obteve-se, respostas que variaram de ruim a muito bom/ ótimo, conforme se visualiza nas respostas sombreadas na figura 4.2.2.1.2.

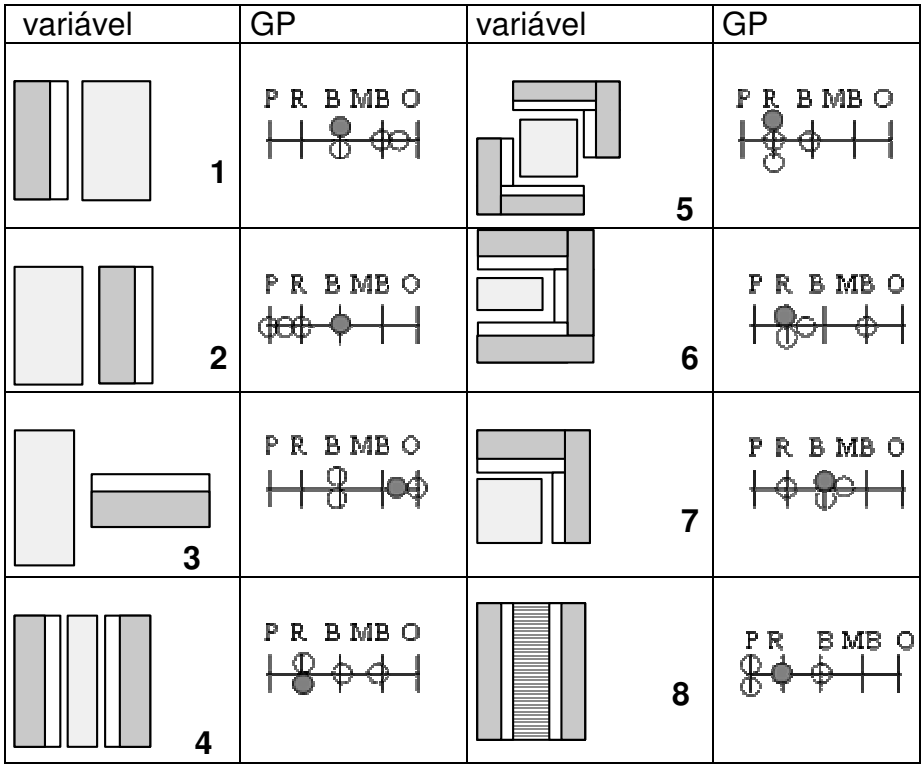


Fig. 4.2.2.1.2 Qualificação das variáveis de conforto acústico do quarto especialistas

Ao realizar novamente o teste Kruskal-Wallis tendo como hipóteses:

Ho= o conjunto de respostas dos quatro especialistas são iguais

H1= o conjunto de respostas dos quatro especialistas são diferentes

Obteve-se como resposta que **não existe** diferença estatística significativa entre as medianas dos quatro conjuntos considerando-se um nível de confiabilidade de 95%.

O resultado gráfico se verifica na figura 4.2.2.1.3 onde se visualiza que a mediana do especialista 4 se localiza entre as medianas dos demais especialistas. Podendo-se chegar à conclusão que a avaliação feita por quatro especialistas da área de conforto possibilitou uma resposta favorável no teste estatístico realizado.

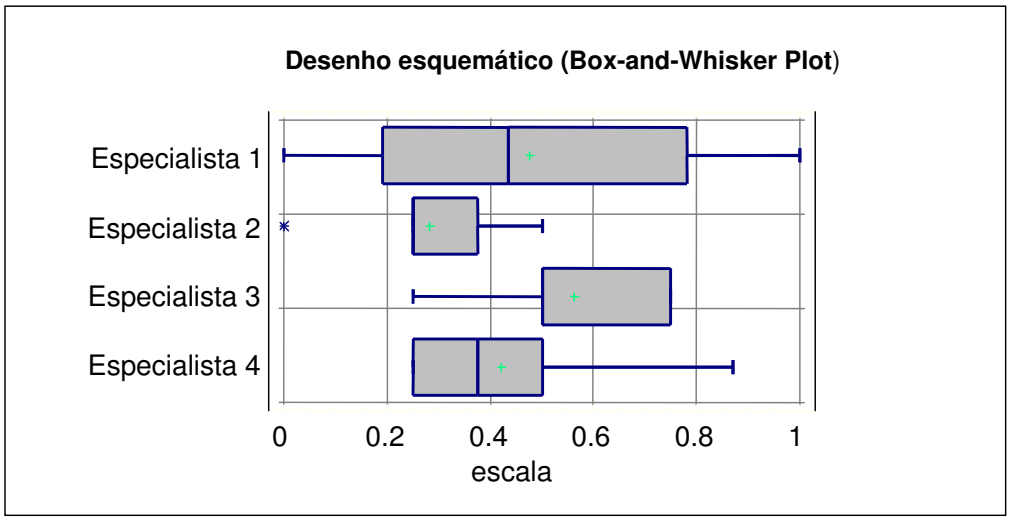


Fig. 4.2.2.1.3 Respostas dos quatro especialistas de conforto acústico.

Feita estas considerações partiu-se para o teste de Mann-Whitney para comparar os especialistas par a par. As hipóteses foram:

Ho= o conjunto de respostas dos dois especialistas são iguais (1e4)(2e4)(3e4)
H1= o conjunto de respostas dos dois especialistas são diferentes (1e4)(2e4)(3e4)

Como resultado tem-se a tabela 4.2.2.1.2, onde se visualiza que não existe diferença significativa do conjunto de respostas do especialista 4 com os demais especialistas com um nível de confiabilidade de 95%.

Tab. 4.2.2.1.2 Análise das respostas dos especialistas de conforto acústico par a par.

	Conjunto de respostas iguais	
Especialista 1	X	X
Especialista 2	X	
Especialista 3		X
Especialista 4	X	X

Observa-se que a análise estatística das respostas dos especialistas realizada par a par, mostra que depois de realizada entrevista com mais um especialista é possível afirmar que pelo menos dois especialistas possuem um conjunto de respostas semelhante. Neste caso os especialistas 1 e 4 como se verifica na figura 4.2.2.1.4

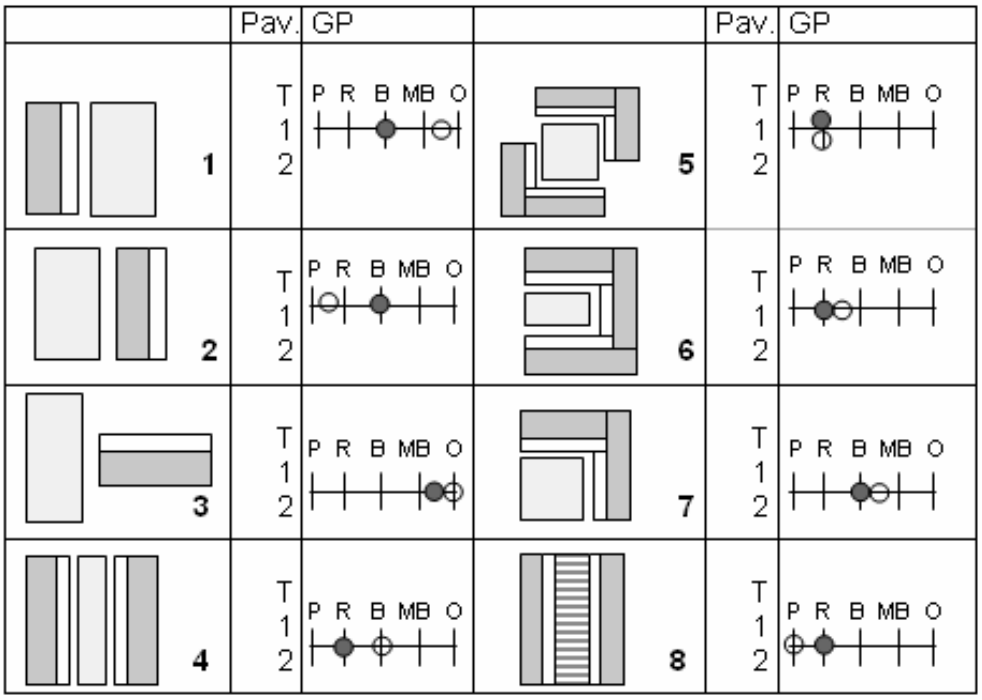


Fig. 4.2.2.1.4 Respostas dos especialistas 1 e 4 de conforto acústico.

4.2.2.2 Análise das respostas dos especialistas de conforto térmico

Ao realizar o teste Kruskal-Wallis tendo como hipóteses:

Ho= o conjunto de respostas dos três especialistas são iguais
H1= o conjunto de respostas dos três especialistas são diferentes

Obteve-se como resposta a existência de diferença estatística significativa entre as medianas dos três conjuntos considerando-se um nível de confiabilidade de 95%.

Ao analisar a figura 4.2.2.2.1 se verifica que os especialistas 1e3 possuem a maioria de respostas localizadas entre 0,0 e 0,3 isto é, entre péssimo e ruim na escala semântica enquanto o especialista 2 possui a maioria de respostas entre a e 0,3 e 0,5 isto é entre ruim e bom.

O maior valor atribuído pelos especialistas 1 e 2 foi 0,75 que corresponde a muito bom na escala semântica e o especialista 3 atribuiu o valor máximo ótimo.

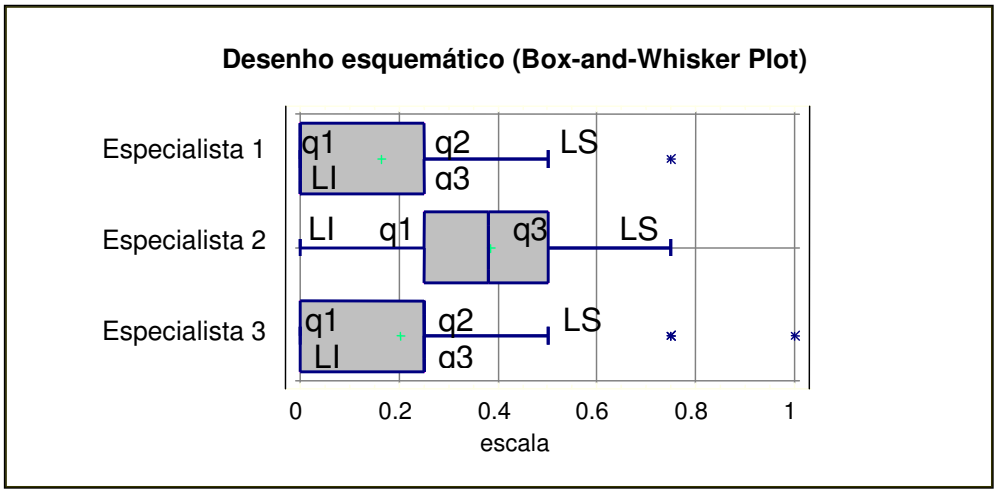


Fig. 4.2.2.2.1 Respostas dos especialistas de conforto térmico

Feita estas considerações partiu-se para o teste de Mann-Whitney para comparar os especialistas par a par. As hipóteses foram:

Ho= o conjunto de respostas dos dois especialistas são iguais (1e2)(1e3)(2e3)
H1= o conjunto de respostas dos dois especialistas são diferentes (1e2)(1e2)(2e3)

Como resultado tem-se a tabela 4.2.2.2.1 onde se visualiza que não existe diferença significativa do conjunto de respostas dos especialistas 1 e 3 com um nível de confiabilidade de 95%.

Tab. 4.2.2.2.1 Análise das respostas dos especialistas de conforto térmico par a par.

	Conjunto de respostas iguais	
Especialista 1	X	
Especialista 2		X
Especialista 3	X	

Observa-se que neste caso a análise estatística das respostas dos três especialistas já mostra que dois especialistas concordam quanto à qualificação de todas as variáveis, o que de acordo com a metodologia proposta, considera-se possível utilizar a opinião de especialistas baseada numa escala semântica.

4.2.2.3 Análise das respostas dos especialistas de conforto visual

Ao realizar o teste Kruskal-Wallis tendo como hipóteses:

Ho= o conjunto de respostas dos três especialistas são iguais
H1= o conjunto de respostas dos três especialistas são diferentes

Obteve-se como resposta a existência de diferença estatística significativa entre as medianas dos três conjuntos considerando-se um nível de confiabilidade de 95%.

Ao analisar a figura 4.2.2.3.1 se verifica que os especialistas 1e3 possuem a maioria de respostas localizadas entre 0,25 e 0,35 isto é entre ruim e bom na escala

semântica enquanto o especialista 2 possui a maioria de respostas entre a e 0,0 e 0,25 isto é, entre péssimo e ruim.

O maior valor atribuído pelo especialista 1 foi 0,75 que corresponde a muito bom na escala semântica e os especialistas 1 e 3 atribuíram o valor máximo ótimo.

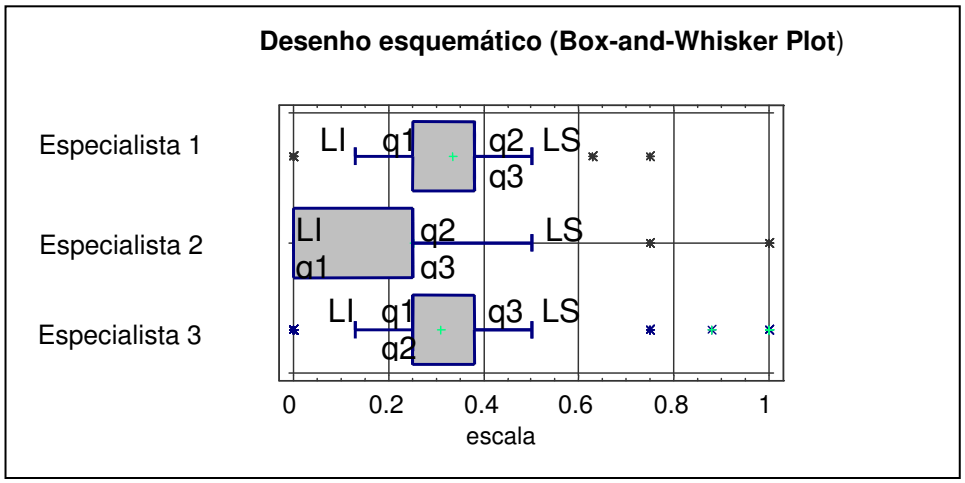


Fig. 4.2.2.3.1 Respostas dos especialistas de conforto visual

Feita estas considerações partiu-se para o teste de Mann-Whitney para comparar os especialistas par a par. As hipóteses foram:

Ho= o conjunto de respostas dos dois especialistas são iguais (1e2)(1e3)(2e3)
H1= o conjunto de respostas dos dois especialistas são diferentes (1e2)(1e2)(2e3)

Como resultado tem-se a tabela 4.2.2.3.1 onde se visualiza que não existe diferença significativa do conjunto de respostas dos especialistas 1 e 3 com um nível de confiabilidade de 95%.

Tab. 4.2.2.3.1 Análise das respostas dos especialistas de conforto visual par a par

	Conjunto de respostas iguais	
Especialista 1	X	
Especialista 2		X
Especialista 3	X	

Observa-se que a análise estatística das respostas dos três especialistas mostra que dois especialistas concordam quanto à qualificação de todas as variáveis, o que de acordo com a metodologia proposta, considera-se possível utilizar a opinião de especialistas baseada numa escala semântica.

4.2.3 Análise da qualificação de cada variável de projeto.

Ao observar as respostas dos especialistas, na seção 4.2.1, verifica-se visualmente que algumas variáveis foram qualificadas de maneira semelhante, outras de maneira diferenciada e/ou com uma tendência para um dos pontos da escala semântica.

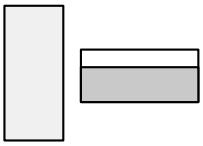
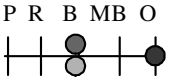
Inicialmente ao observar estes dados não foi possível relacionar um número de desvio padrão para caracterizar o que se considera semelhante ou diferenciado. Para se estabelecer o desvio padrão foi analisada a amplitude e o resíduo das respostas dos três especialistas da seguinte maneira:

1- Variável com qualificação diferenciada se amplitude igual ou maior que 0,5 (respostas com uma diferença igual ou maior que dois pontos na escala semântica de cinco pontos) e resíduo igual ou maior que 0,25 (resposta difere da média em um ponto ou mais na escala semântica) conforme se visualiza no exemplo da tabela 4.2.3.1.

2- Variável com qualificação semelhante que indica uma tendência e precisão se amplitude menor que 0,5 e resíduo menor que 0,25 conforme se visualiza no exemplo da tabela 4.2.3.2.

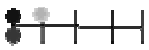
3- Variável com qualificação semelhante que indica uma tendência para um dos pontos da escala semântica, porém com quantificação numérica de baixa precisão se amplitude menor que 0,5 e resíduo maior ou igual a 0,25 conforme se visualiza no exemplo da tabela 4.2.3.3.

Tab.4.2.3.1 Exemplo de variável qualificada como diferenciada

Variável 3 	Avaliação 	Conforto Acústico		
		Nota	Resíduo	Amplitude das respostas
Avaliador 1		0,5	0,17	0,00 (avaliador 1-avaliador 2)
Avaliador 2		0,5	0,17	**0,5 0** (avaliador 2-avaliador 3)
Avaliador 3		1	**0,33**	**0,5 0** (avaliador 3-avaliador 1)
média		0,67		
Desvio padrão		0,29		

Nota-se pela tabela 4.2.3.1 que na qualificação considerada como diferenciada, a média das respostas dos especialistas carece de precisão, uma vez que, o resíduo é alto (maior que 0,25), além disso, verifica-se que não é possível qualificar a variável com uma tendência a um dos pontos da escala semântica uma vez que a dispersão das respostas se encontra entre bom e ótimo (amplitude com valor igual a 0,50)

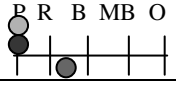
Tab.4.2.3.2 Exemplo de variável qualificada como semelhante e com precisão

Variável 1a	Orientação a			
Sala de Aula 1	Avaliação 	Conforto Luminoso		
		Nota	Resíduo	Amplitude das respostas
Avaliador 1		0	0,08	0,00 (avaliador 1-avaliador 2)
Avaliador 2		0	0,08	0,25 (avaliador 2-avaliador 3)
Avaliador 3		0,25	-0,17	0,25 (avaliador 3-avaliador 1)
Média		0,08		
Desvio padrão		0,14		

No caso da qualificação considerada como semelhante e com precisão observa-se, através da tabela 4.2.3.2, que a diferença das respostas dos especialistas é pequena (amplitude menor que 0,5) e por este motivo existe uma tendência a um dos pontos da escala semântica e a média não possui grande influencia de uma das respostas uma vez que o resíduo é baixo (menor que 0,25)

A variável considerada semelhante e com precisão prejudicada, conforme se visualiza na tabela 4.2.3.3, ocorre quando um dos avaliadores emite uma opinião divergente dos demais dentro dos limites da amplitude estabelecida isto é, com uma diferença de opinião que não ultrapassa dois pontos da escala semântica. Isto indica que existe uma tendência nas respostas, embora a média tenha influência grande desta resposta divergente (resíduo maior que 0,25).

Tab.4.2.3.3 Exemplo de variável qualificada como semelhante e com precisão prejudicada

Variável 3d	Orientação d			
Sala de Aula 2	Avaliação 	Conforto Térmico		
		Nota	Resíduo	Amplitude das respostas
Avaliador 1		0,38	**0,25**	0,38 (avaliador 1-avaliador 2)
Avaliador 2		0,00	0,13	0,00 (avaliador 2-avaliador 3)
Avaliador 3		0,00	0,13	0,38 (avaliador 3-avaliador 1)
média		0,13		
Desvio padrão		0,22		

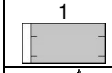
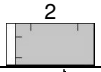
Ao comparar o resíduo e a amplitude com o desvio padrão, podem-se estabelecer critérios de avaliação da variável projeto através do uso de escala semântica e das respostas de especialistas, utilizando-se apenas o desvio padrão, conforme se visualiza na tabela 4.2.3.4:

Tab.4.2.3.4 Indicador de qualificação das respostas dos especialistas para as variáveis de projeto.

Qualificação da variável	Valores de desvio padrão
Variável com qualificação diferenciada	≥0,25 (maior ou igual a 0,25)
Variável com qualificação semelhante que indica uma tendência para um dos pontos da escala semântica.	0,20>Dp<0,25 (maior que 0,20 e menor que 0,25)
Variável com qualificação semelhante que indica uma tendência e precisão nas respostas dos especialistas	Dp≤0,20 (menor ou igual a 0,20)

Com o uso da tabela 4.2.3.4 apresentam-se nas tabelas 4.2.3.5, 4.2.3.6 e 4.2.3.7 a qualificação das variáveis indicando-se a média das respostas e o índice de confiabilidade (desvio padrão). As variáveis com qualificação diferenciadas estão representadas por células sombreadas e são objetos do planejamento fatorial da seção 4.2.4.

Tab.4.2.3.5 Qualificação das variáveis de conforto visual.

Variável 1 	média	Desvio padrão	Variável 2 	média	Desvio padrão	Variável 3	média	Desvio padrão	Variável 4	média	Desvio padrão
A	0,08	0,14	A	0,29	0,08	A	0,17	0,14	A	0,25	0,00
B	0,08	0,14	B	0,63	0,21	B	0,29	0,08	B	0,08	0,14
C	0,58	0,38	C	0,17	0,14	C	0,50	0,25	C	0,42	0,14
D	0,29	0,08	D	0,08	0,14	D	0,42	0,14	D	0,33	0,14
E	0,38	0,13	E	0,21	0,19	E	0,29	0,08	E	0,29	0,08
F	0,38	0,13	F	0,29	0,08	F	0,29	0,08	F	0,29	0,08
G	0,25	0,22	G	0,59	0,36	G	0,38	0,13	G	0,21	0,19
H	0,21	0,19	H	0,33	0,14	H	0,38	0,13	H	0,21	0,07
Variável 5	média	Desvio padrão	Variável 6	média	Desvio padrão	Variável 7	média	Desvio padrão	Variável 8	média	Desvio padrão
A	0,46	0,31	A	0,63	0,13	A	0,17	0,14	A	0,25	0,25
B	0,17	0,14	B	0,38	0,22	B	0,38	0,21	B	0,13	0,22
C	0,13	0,22	C	0,08	0,14	C	0,29	0,08	C	0,46	0,07
D	0,19	0,00	D	0,13	0,13	D	0,46	0,07	D	0,34	0,08
E	0,25	0,00	E	0,13	0,22	E	0,29	0,08	E	0,38	0,13
F	0,54	0,40	F	0,25	0,22	F	0,38	0,33	F	0,34	0,08
G	0,29	0,08	G	0,17	0,14	G	0,25	0,13	G	0,38	0,13
H	0,34	0,08	H	0,25	0,22	H	0,38	0,13	H	0,33	0,14
Variável 9	média	Desvio padrão	Variável 10	média	Desvio padrão	Variável 11	média	Desvio padrão	Variável 12	média	Desvio padrão
A	0,67	0,29	A	0,58	0,14	A	0,08	0,14	A	0,29	0,26
B	0,5	0,00	B	0,25	0,25	B	0,25	0,25	B	0,08	0,14
C	0,54	0,19	C	0,00	0,00	C	0,08	0,14	C	0,00	0,00
D	0,38	0,13	D	0,21	0,19	D	0,25	0,22	D	0,21	0,19
E	0,46	0,07	E	0,13	0,13	E	0,04	0,08	E	0,21	0,26
F	0,46	0,07	F	0,21	0,07	F	0,29	0,19	F	0,25	0,00
G	0,5	0,00	G	0,25	0,00	G	0,17	0,14	G	0,25	0,00
H	0,42	0,07	H	0,33	0,14	H	0,25	0,25	H	0,25	0,25
Variável 13	média	Desvio padrão	Variável 14	média	Desvio padrão	Variável 15	média	Desvio padrão	Variável 16	média	Desvio padrão
A	0,88	0,21	A	0,17	0,14	A	0,38	0,13	A	0,67	0,29
B	0,38	0,22	B	0,29	0,08	B	0,13	0,22	B	0,42	0,14
C	0,04	0,08	C	0,34	0,08	C	0,50	0,33	C	0,42	0,14
D	0,25	0,13	D	0,46	0,26	D	0,29	0,08	D	0,29	0,08
E	0,17	0,14	E	0,25	0,00	E	0,38	0,13	E	0,46	0,07
F	0,42	0,07	F	0,38	0,13	F	0,34	0,08	F	0,46	0,07
G	0,17	0,14	G	0,29	0,08	G	0,71	0,31	G	0,5	0,00
H	0,29	0,08	H	0,63	0,33	H	0,42	0,14	H	0,42	0,14
Variável 17	média	Desvio padrão	Variável 18	média	Desvio padrão						
A	0,54	0,19	A	0,08	0,14						
B	0,25	0,25	B	0,25	0,25						
C	0,00	0,00	C	0,00	0,00						
D	0,17	0,14	D	0,21	0,19						
E	0,13	0,13	E	0,13	0,13						
F	0,25	0,00	F	0,21	0,07						
G	0,17	0,14	G	0,17	0,14						
H	0,33	0,14	H	0,33	0,14						

Obs. As setas indicam a orientação Norte
As células sombreadas indicam variáveis com qualificação diferenciada, isto é, valor de desvio padrão ≥ 0,25

Observa-se pela tabela 4.2.3.5 que:

- Das 144 variáveis avaliadas pelos especialistas 124 pertencem ao grupo de qualificação semelhante.

- Todas as variações das posições 4,6,10 e 13 tiveram qualificação semelhante.

- As avaliações com desvio padrão zero foram qualificadas como péssimo e ruim, com exceção da variável 16G que foi qualificada como bom.

- A variável com maior média foi a 2b que se situa entre bom e muito bom na escala semântica.

- A variável com maior desvio padrão é a 5F com uma variação de respostas na escala semântica de ruim a ótimo.

Tab.4.2.3.6 Qualificação das variáveis de conforto térmico.

Variável 1	média	Desvio padrão	Variável 2	média	Desvio padrão	Variável 3	média	Desvio padrão	Variável 4	média	Desvio padrão
A	0,67	0,29	A	0,13	0,12	A	0,42	0,14	A	0,25	0,00
B	0,54	0,19	B	0,33	0,14	B	0,25	0,25	B	0,29	0,07
C	0,08	0,14	C	0,21	0,19	C	0,29	0,32	C	0,21	0,19
D	0,33	0,29	D	0,29	0,26	D	0,13	0,22	D	0,17	0,14
E	0,33	0,14	E	0,21	0,19	E	0,46	0,19	E	0,20	0,24
F	0,71	0,07	F	0,17	0,14	F	0,29	0,07	F	0,21	0,24
G	0,46	0,19	G	0,38	0,22	G	0,33	0,29	G	0,20	0,24
H	0,33	0,29	H	0,38	0,22	H	0,17	0,14	H	0,21	0,19

Variável 5	média	Desvio padrão	Variável 6	média	Desvio padrão	Variável 7	média	Desvio padrão
A	0,17	0,14	A	0,33	0,29	A	0,33	0,14
B	0,17	0,14	B	0,29	0,26	B	0,00	0,00
C	0,00	0,00	C	0,13	0,22	C	0,17	0,14
D	0,08	0,14	D	0,17	0,29	D	0,25	0,25
E	0,21	0,19	E	0,29	0,26	E	0,38	0,12
F	0,29	0,32	F	0,42	0,38	F	0,42	0,29
G	0,17	0,14	G	0,29	0,26	G	0,04	0,07
H	0,25	0,25	H	0,29	0,26	H	0,00	0,00

Obs.:
As setas com final em flecha indicam a orientação Norte e a outra seta indica a direção do vento predominante.

As células sombreadas indicam variáveis com qualificação diferenciada, isto é, valor de desvio padrão ≥ 0,25

Observa-se pela tabela 4.2.3.6 que:

- Das 56 variáveis avaliadas pelos especialistas, 35 tiveram avaliação semelhante.

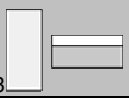
- As avaliações com desvio padrão zero foram qualificadas como péssima ou ruim (variáveis 4a, 5c, 7b, 7h).

- A variável semelhante com melhor média foi a 1f que se situa entre bom e muito bom na escala semântica.

- A posição seis foi qualificada de maneira diferenciada pelos especialistas em quase todas as orientações das salas de aula.

- As variáveis com maior desvio padrão são as 3c, 5f e 6f.

Tab.4.2.3.7 Qualificação das variáveis de conforto acústico**.**

Variável	média	Desvio padrão
1	0,65	0,18
2	0,28	0,15
3 	0,72	0,26
4	0,44	0,24
5	0,31	0,12
6	0,40	0,24
7	0,49	0,18
8	0,18	0,24
As células sombreadas indicam variáveis com qualificação diferenciada, isto é, valor de desvio padrão ≥ 0,25		

Observa-se através da tabela 4.2.3.7 que:

- Das 8 variáveis avaliadas pelos especialistas 7 tiveram avaliação semelhante.
- Nenhuma variável apresentou desvio padrão com o valor zero.
- A variável com qualificação semelhante e melhor média foi a 1, que se situa entre bom e muito bom na escala semântica.
- A variável 3 possui o maior desvio padrão e também a maior média.

4.2.4 Tratamento das variáveis de projeto com qualificação diferenciada

As variáveis com qualificação diferenciada foram desmembradas em outros fatores. Isto foi feito com consulta a um especialista de cada conforto ambiental com a questão aberta: Quais as considerações feitas para avaliar o conforto ambiental destas salas de aula?

4.2.4.1 Tratamento das variáveis de projeto com qualificação diferenciada de conforto acústico

Para o conforto acústico a variável três apresentou valor de desvio padrão que a qualificou como diferenciada. A entrevista ao especialista para a elaboração do plano fatorial foi conduzida através do questionário representado na tabela 4.2.4.1.1.

Tab.4.2.4.1.1 Questionário de entrevista à especialista de conforto acústico

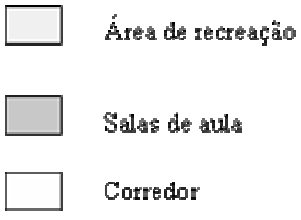
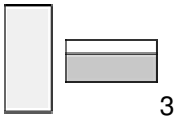
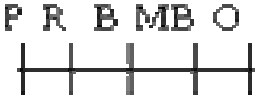
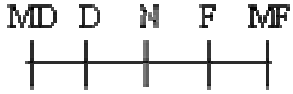
Considerando a proximidade do pátio, conforme desenho, favor indicar:
Quais as considerações feitas para avaliar o conforto acústico destas salas de aula.

Legenda

- tipo de solução proposta (dificuldade em solucionar o problema, mas não o custo).
- a disposição da edificação funciona como elemento protetor.

Como resultado da entrevista ao especialista de conforto acústico, pode-se elaborar o plano fatorial da variável 3, visualizado na tabela 4.2.4.1.2.

Tab. 4.2.4.1.2 Plano Fatorial de conforto acústico

<table>
<tr><td colspan="5">Escalas semânticas
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Legenda
 
</td><td colspan="2">Fator 1
A disposição da edificação para a qualidade acústica da sala de aula é:</td><td>Fator 2
A melhoria acústica de sala de aula é:
(dificuldade técnica para melhorar a qualidade acústica no interior da sala de aula, não o custo).</td></tr>
<tr><td>Variável
 
</td><td> 
</td><td>Peso</td><td> 
</td><td>Peso</td></tr>
<tr><td colspan="5">Observação: O peso significa a influencia de cada fator para a qualidade acústica da sala de aula, e seu valor pode variar ser 1,2 ou 3.</td></tr>
</table>

O resultado da avaliação feita por três especialistas ao plano fatorial visualiza-se na tabela 4.2.4.1.3.

Tab. 4.2.4.1.3 Respostas dos especialistas de acústica ao plano fatorial

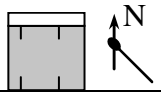
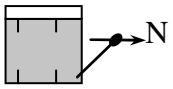
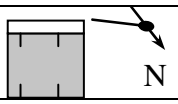
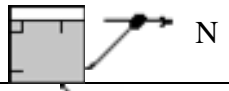
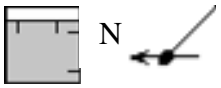
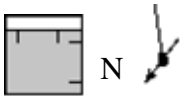
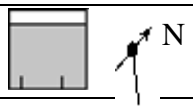
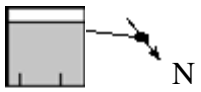
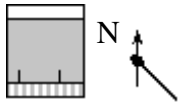
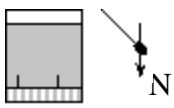
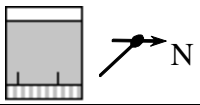
Variável 3	Fator 1	peso	Fator 2	Peso	Média ponderada (MP)
Especialista 1	0,50	2,00	0,75	3,00	0,65
Especialista 2	0,25	2,00	0,50	3,00	0,40
Especialista 3	0,75	2,00	0,25	2,00	0,50
Média dos três especialistas					0,52 (próximo a bom)
Desvio padrão					0,10

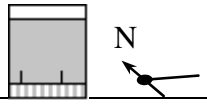
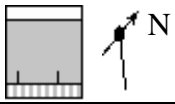
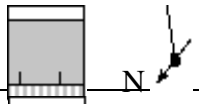
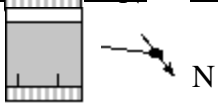
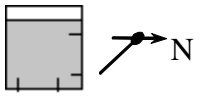
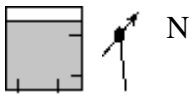
Observa-se, na tabela 4.2.4.1.3, que para a variável 3 de acústica existem divergências na avaliação de cada fator, mas, ao ser realizada a média ponderada de cada especialista e comparando-se o desvio padrão ao "Indicador de qualificação das respostas dos especialistas para as variáveis de projeto. (tab.4.2.3.4)" pode-se considerar que, após a realização do plano fatorial, se trata de variável com qualificação semelhante, o que indica uma tendência e precisão nas respostas dos especialistas, neste caso com uma tendência próximo a bom.

4.2.4.2 Tratamento das variáveis de projeto com qualificação diferenciada de conforto térmico

Para a elaboração do plano fatorial, das variáveis de conforto térmico que apresentaram valor de desvio padrão que as qualificaram diferenciada, foi realizada entrevista ao especialista conduzida através do questionário representado na tabela 4.2.4.2.1.

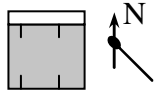
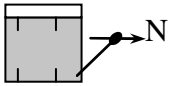
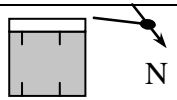
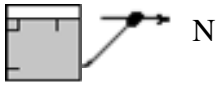
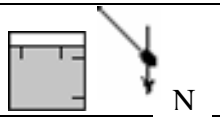
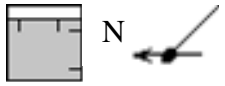
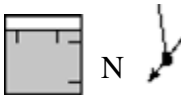
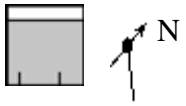
Tab. 4.2.4.2.1 Questionário de entrevista à especialista de conforto térmico

CONFORTOTÉRMICO: Considerando as aberturas de janela, o formato do ambiente e a orientação Norte, conforme desenho favor indicar: Quais as considerações feitas para avaliar o conforto térmico destas salas de aula: Observações: - As setas indicam a posição Norte - As setas com final em bolinhas os ventos predominantes. - O branco simboliza corredor coberto - O cinza ou azul simboliza a sala de aula. - Os traços as posições das aberturas.	
1A 	Face Norte – proteção do corredor, face Sul OK Ventilação – direção e sentido do vento inclinado em relação às aberturas
1D 	Não há proteção para insolação. O corredor não protege na fachada Oeste (proteção parcial). Ventilação igual a 1ª.
1H 	Fachadas NE e NO (corredor) proteção insuficiente. Ventilação tangente às aberturas – impossibilidade de ventilação cruzada.
2D 	Insolação sem proteção a Oeste Ventilação insuficiente: inclinada e abertura em fachadas adjacentes, não é cruzada.
3B	Fachada Leste sem proteção. Ventilação igual a 2D
3C 	Insolação Leste: proteção parcial. Ventilação – prejudicada uma das aberturas esta fora da direção do vento (sentido oposto)
3G 	Fachadas SE sem proteção e SO (corredor) proteção insuficiente, sendo fachada Sul com problema menor. Ventilação perpendicular à fachada, outra abertura adjacente; o conjunto permite ventilação quase adequada.
5F 	Insolação SE sem proteção Ventilação perpendicular, abertura em apenas uma fachada – bem prejudicada.
5H 	Insolação NE sem proteção. Ventilação quase tangente – nenhuma.
6A 	Abertura ao Sul – OK. Vento oblíquo, apenas uma fachada com abertura – mais prejudicada que 5F.
6B 	Abertura ao Norte – proteção da varanda- OK. Ventilação – Nenhuma
6D 	Abertura a leste – varanda proteção parcial Ventilação igual a 6ª.

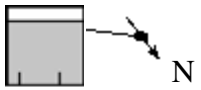
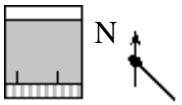
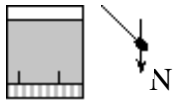
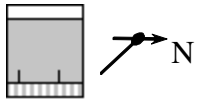
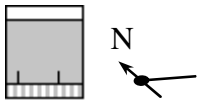
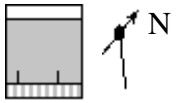
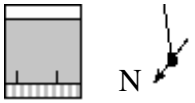
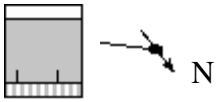
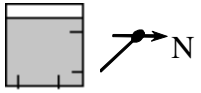
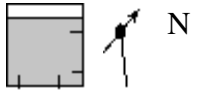
6E		Insolação fachada SO – proteção da varanda insuficiente. Ventilação tangente – nenhuma
6F		Insolação SE igual a variável 6E. Ventilação perpendicular insuficiente por ser apenas uma única fachada com abertura.
6G		Insolação – NO com varanda insuficiente pior que se fosse abertura a sul. Ventilação nenhuma.
6H		Insolação NE igual a 6G. Ventilação quase tangente - nenhuma
7D		Insolação N e L sem proteção. Ventilação oblíqua igual a 2D.
7F		Insolação NE e SE sem proteção. Ventilação igual a 3G

Como resultado da entrevista ao especialista de conforto térmico, pode-se elaborar o plano fatorial da variável 3, visualizado na tabela 4.2.4.2.2

Tab.4.2.4.2.2 Plano Fatorial de conforto térmico

Escalas semânticas	Péssimo 0.00 — Ruim 0.25 — Bom 0.5 — Muito Bom 0.75 — Ótimo 1.00		Muito Difícil 0.00 — Difícil 0.25 — Neutro 0.5 — Fácil 0.75 — Muito Fácil 1.00	
Legenda Salas de aula Corredor	Fator 1 Para o conforto térmico a direção do vento em relação à abertura é:		Fator 2 A relação das aberturas para possibilitar a ventilação cruzada é:	
1A 	P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso
1D 	P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso
1H 	P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso
2D 	P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso
3B 	P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso
3C 	P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso
3G 	P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso
5F 	P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso

Fator 3: Solucionar a proteção solar das aberturas de acordo com sua orientação é:	
MD D N F MF	Peso
MD D N F MF	Peso
MD D N F MF	Peso
MD D N F MF	Peso
MD D N F MF	Peso
MD D N F MF	Peso
MD D N F MF	Peso
MD D N F MF	Peso

5H		P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
6A		P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
6B		P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
6D		P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
6E		P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
6F		P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
6G		P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
6H		P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
7D		P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
7F		P R B MB O	Peso	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso

O resultado da avaliação feita por três especialistas ao plano fatorial visualiza-se na tabela 5.4.2.3. (F = Fator, P= Peso, M.P= média ponderada)

Tab. 4.2.4.2.3 Respostas dos especialistas de conforto térmico ao plano fatorial

	Especialista 1							Especialista 2							Especialista 3						
Variável	F1	P	F2	P	F3	P	M.P.	F1	P	F2	P	F3	P	M.P.	F1	P	F2	P	F3	P	M.P.
1A	0,5	3	0,75	3	1	1	0,68	0,75	2	0,75	2	1	3	0,86	0,5	2	0,5	3	1	2	0,64
1D	0,5	3	0,75	3	0,25	3	0,50	0,75	2	0,75	2	0,25	3	0,54	0,63	3	0,5	3	0,25	3	0,46
1H	0,25	1	1	3	0,25	3	0,57	0,25	1	0,25	1	0,5	3	0,40	0,5	2	0,25	3	0,5	3	0,41
2D	1	3	1	3	1	1	1,00	0,75	2	0,75	2	0,25	3	0,54	0,25	3	0,5	2	0,25	3	0,31
3B	1	3	1	3	0	3	0,67	0,75	2	0,75	2	0,25	3	0,54	0,25	2	0,33	3	0	3	0,19
3C	0	1	0	1	1	1	0,33	0,25	1	0,25	1	0,25	3	0,25	0,25	2	0,25	1	0,25	3	0,25
3G	0,75	3	0,75	3	0	3	0,50	0,25	2	0,25	2	0,75	3	0,46	0,13	3	0,13	2	0,25	3	0,18
5F	1	3	0	1	0,75	2	0,75	0	1	0	1	0,75	2	0,38	0,5	2	0,13	2	0,33	2	0,32
5H	0,25	2	0	1	0,25	3	0,21	0	1	0	1	0,5	2	0,25	0	1	0	2	0,33	3	0,17
6A	0,5	2	0	1	1	1	0,50	0	1	0	1	0,75	2	0,38	0,5	3	0,25	1	1	3	0,68
6B	0	1	0	1	1	1	0,33	0	1	0	1	1	3	0,60	0	2	0,25	2	1	3	0,50
6D	1	3	0	1	1	1	0,80	0	1	0	1	0,75	2	0,38	0,5	3	0,25	2	0,25	2	0,36
6E	0,75	3	0	1	0,75	2	0,63	0	1	0	1	0,75	1	0,25	0	1	0,25	1	0,25	3	0,20
6F	1	3	0	1	0,75	2	0,75	0	1	0	1	0,75	1	0,25	0,67	3	0,33	3	0,33	2	0,46
6G	0	1	0	1	1	1	0,33	0	1	0	1	0,75	3	0,45	0,33	2	0,33	3	0,13	3	0,26
6H	0	1	0	1	1	1	0,33	0	1	0	1	0,75	3	0,45	0,13	1	0,13	2	0,25	3	0,19
7D	1	1	1	3	0,25	2	0,75	0,75	2	0,75	2	0,75	3	0,75	0,67	3	0,5	3	0,25	3	0,47
7F	1	1	0,5	2	0,25	2	0,50	0,75	2	0,75	2	0,5	3	0,64	0,33	2	0,33	3	0,33	3	0,33

Observa-se, na tabela 4.2.4.2.3, que existem divergências na avaliação de cada fator, mas, ao ser realizada a média ponderada de cada especialista e comparando-se o desvio padrão (tabela 4.2.4.2.4) ao "Indicador de qualificação das respostas dos especialistas para as variáveis de projeto", (tab.4.2.3.4), pode-se considerar que, após a realização do plano fatorial, todas as variáveis podem ser consideradas com qualificação semelhante, com exceção das variáveis 2D, que apresenta o valor de desvio padrão que a qualifica como variável diferenciada.

Tab. 4.2.4.2.4 Qualificação das variáveis de conforto térmico após o plano fatorial.

	Média ponderada especialista 1	Média ponderada especialista 2	Média ponderada especialista 3	Média dos três especialistas	DESVIO
1A	0,68	0,86	0,64	0,73 (próximo a muito bom)	0,09
1D	0,50	0,54	0,46	0,50 (bom)	0,03
1H	0,57	0,40	0,41	0,46 (próximo a bom)	0,08
2D	1,00	0,54	0,31	0,62	0,29
3B	0,67	0,54	0,19	0,46 (próximo a bom)	0,20
3C	0,33	0,25	0,25	0,28 (próximo a ruim)	0,04
3G	0,50	0,46	0,18	0,38 (entre ruim e bom)	0,15
5F	0,75	0,38	0,32	0,48 (próximo a bom)	0,19
5H	0,21	0,25	0,17	0,21 (próximo a ruim)	0,03
6A	0,50	0,38	0,68	0,52 (próximo a bom)	0,12
6B	0,33	0,60	0,50	0,48 (próximo a bom)	0,11
6D	0,80	0,38	0,36	0,51 (próximo a bom)	0,20
6E	0,63	0,25	0,20	0,36 (entre ruim e bom)	0,19
6F	0,75	0,25	0,46	0,49 (próximo a bom)	0,21
6G	0,33	0,45	0,26	0,35 (entre ruim e bom)	0,08
6H	0,33	0,45	0,19	0,32 (entre ruim e bom)	0,11
7D	0,75	0,75	0,47	0,66 (entre bom e muito bom)	0,13
7F	0,50	0,64	0,33	0,49 (próximo a bom)	0,13

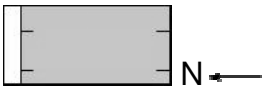
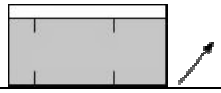
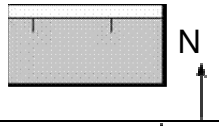
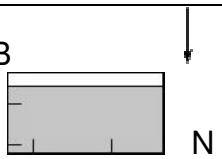
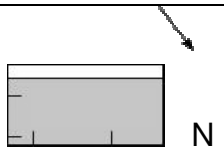
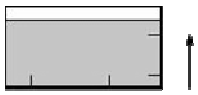
Observa-se na tabela 4.2.4.2.4 que dentre as variáveis com qualificação semelhante, as variáveis 3B, 6D e 6F apresentaram valor de desvio padrão que as qualificam como variável semelhante e com uma tendência para um dos pontos da escala semântica. Já a variável 2D, observa-se que mesmo depois da realização do plano fatorial ela continua com qualificação diferenciada, neste caso recomenda-se que

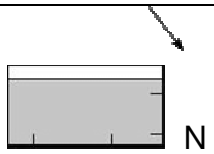
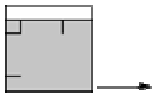
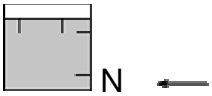
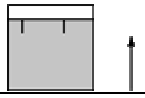
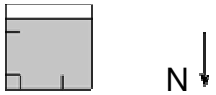
a avaliação dos especialistas seja feita de maneira presencial para que juntos cheguem a um consenso.

4.2.4.3 Tratamento das variáveis de projeto com qualificação diferenciada de conforto Visual

Para o conforto visual as variáveis que apresentaram valor de desvio padrão que as qualificaram como diferenciada se apresentam na tabela 4.2.4.3.1, onde se vê, também, os resultados do questionário aplicado em entrevista com o especialista para a elaboração do plano fatorial.

Tab.4.2.4.3.1 Questionário de entrevista à especialista de conforto visual

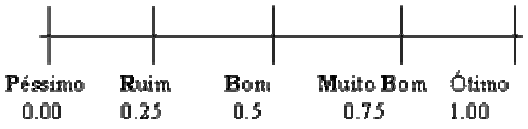
CONFORTO VISUAL: Considerando as aberturas de janela, o formato do ambiente e a orientação Norte, conforme desenho, favor indicar: Quais as considerações feitas para avaliar o conforto visual destas salas de aula: Observações: As setas indicam a posição Norte, O branco simboliza corredor coberto, O cinza ou azul simboliza a sala de aula, os traços as aberturas.	
1C 	Profundidade, proteção (insolação), possibilidade de distribuição adequada da luz (orientação beneficia)
2G	Problemas com insolação (maior dificuldade de controle), iluminação em paredes adjacentes pode resultar em boa iluminação
3C	Profundidade excessiva, iluminação inadequada, prejuízo no “olhar para fora”.
5A	Profundidade adequada, proteção solar simples, janela para corredor com proteção mais ou menos simples.
5F	Profundidade adequada, proteção solar com alguma complexidade.
6F 	Profundidade adequada, iluminação melhor que as outras duas anteriores.
8A	Profundidade adequada, dificuldade na proteção a Leste
9A 	Profundidade inadequada.
11B 	Profundidade adequada, problemas com orientação solar (provável iluminação inadequada).
11H 	Profundidade adequada, proteção oeste complicada (provável iluminação inadequada).
12A 	Profundidade adequada, proteção leste complicada (provável iluminação inadequada).

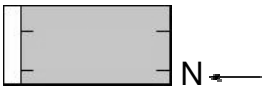
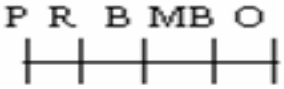
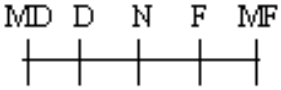
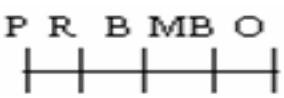
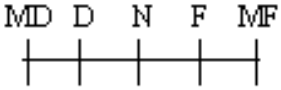
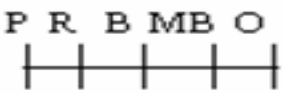
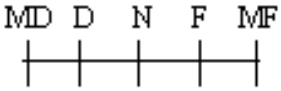
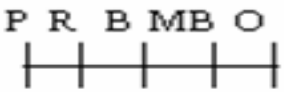
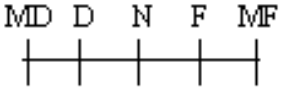
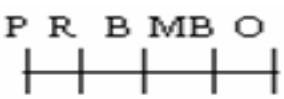
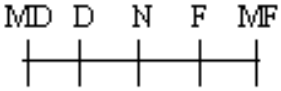
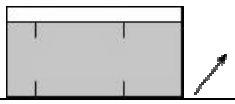
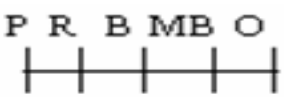
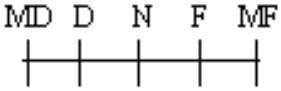
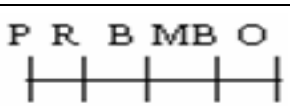
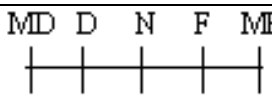
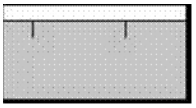
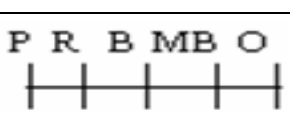
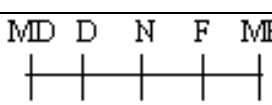
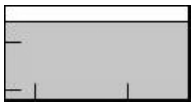
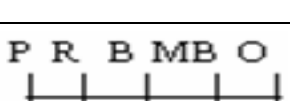
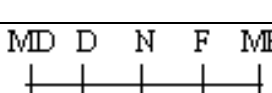
12 E	Profundidade adequada, dificuldade de proteção (provável iluminação inadequada).
12H 	Profundidade adequada, dificuldade de proteção (provável iluminação inadequada).
14 D 	Forma adequada (se respeitados os limites de tamanho) (sala 7X7m muito grande), com proteção, iluminação pode não ser adequada.
14 H	Forma adequada (se respeitados os limites de tamanho), com proteção, iluminação pode não ser adequada.
15C 	Forma adequada (se respeitados os limites de tamanho), com proteção, possibilidade de boa iluminação.
15G	Problemas de proteção, possível iluminação inadequada.
16 A 	Depende da profundidade, iluminação inadequada.
17B	Iluminação possivelmente adequada, boa orientação da janela.
18 A 	Problemas com proteção, iluminação pode ser inadequada.

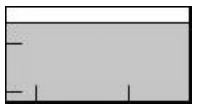
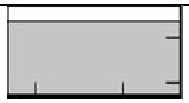
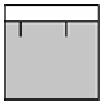
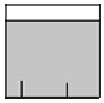
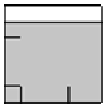
Observa-se que em todas as respostas o especialista ressaltou a profundidade da sala de aula e a complexidade para solucionar problemas de proteção solar dados pela orientação ou complexidade de controle da insolação direta. Assim os fatores que são novamente analisados pelos três especialistas são apresentados na tabela 4.2.4.3.2.

Tab.4.2.4.3.2 Plano Fatorial de conforto visual

Escalas semânticas



Legenda Salas de aula Corredor - aberturas	Fator 1 Para o conforto visual a profundidade desta sala de aula é:		Fator 2 A complexidade de solução para a proteção da insolação direta desta sala de aula é: (muito complexo, muito simples)	
1C 		Peso		Peso
2G		Peso		Peso
3C		Peso		Peso
5A		Peso		Peso
5F		Peso		Peso
6F 		Peso		Peso
8A		Peso		Peso
9A 		Peso		Peso
11B 		Peso		Peso

11H  N	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
12A N	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
12 E N	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
12H  N	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
15D N	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
14 H N	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
15C N	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
15G N	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
16 A  N	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
17B  N	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso
18A  N	P R B MB O	Peso	MD D N F MF	Peso

O resultado da avaliação feita por três especialistas ao plano fatorial visualiza-se na tabela 4.2.4.3.3.

Tab. 4.2.4.3.3 Respostas dos especialistas de conforto visual ao plano fatorial.

	Especialista 1					Especialista 2					Especialista 3				
Variável	F 1	P	F2	P	M.P.	F 1	P	F 2	P	M.P	F1	P	F 2	P	M.P.
1C	0,50	1,00	1,00	1,00	0,75	0,50	1,00	0,75	2,00	0,67	0,25	2,00	1,00	3,00	0,70
2G	0,50	1,00	0,75	1,00	0,63	0,50	1,00	0,75	2,00	0,67	0,50	3,00	0,25	3,00	0,38
3C	0,00	3,00	1,00	1,00	0,25	0,25	3,00	1,00	1,00	0,44	0,00	3,00	1,00	1,00	0,25
5A	0,50	1,00	1,00	1,00	0,75	0,50	1,00	0,75	2,00	0,67	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00
5F	0,50	1,00	0,75	2,00	0,67	0,50	1,00	0,25	3,00	0,31	0,75	3,00	0,25	3,00	0,50
6F	0,50	1,00	0,75	2,00	0,67	0,50	1,00	0,25	3,00	0,31	1,00	3,00	0,25	2,00	0,70
8A	0,50	1,00	0,25	2,00	0,33	0,25	3,00	0,50	2,00	0,35	1,00	3,00	0,25	3,00	0,63
9A	0,50	1,00	1,00	1,00	0,75	0,00	3,00	1,00	1,00	0,25	0,50	3,00	1,00	1,00	0,63
11B	0,50	1,00	0,00	3,00	0,13	0,50	1,00	0,25	3,00	0,31	1,00	3,00	0,25	3,00	0,63
11H	0,50	1,00	0,00	3,00	0,13	0,50	1,00	0,00	3,00	0,13	1,00	3,00	0,25	3,00	0,63
12A	0,50	1,00	0,25	2,00	0,33	0,50	1,00	0,25	3,00	0,31	1,00	3,00	0,50	2,00	0,80
12E	0,50	1,00	0,00	3,00	0,13	0,50	2,00	0,00	3,00	0,20	1,00	3,00	0,25	3,00	0,63
12H	0,50	1,00	0,00	3,00	0,13	0,50	2,00	0,25	3,00	0,35	1,00	3,00	0,00	3,00	0,50
14D	0,75	1,00	0,75	1,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	0,88	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00
14H	0,75	1,00	0,75	1,00	0,75	0,75	1,00	0,75	2,00	0,75	1,00	3,00	0,25	3,00	0,63
15C	0,75	1,00	0,75	1,00	0,75	0,50	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00
15G	0,75	1,00	0,25	2,00	0,42	0,25	2,00	0,25	3,00	0,25	1,00	3,00	0,00	3,00	0,50
16A	0,75	1,00	1,00	1,00	0,88	0,00	3,00	1,00	1,00	0,25	1,00	3,00	0,75	2,00	0,90
17B	0,75	1,00	0,75	1,00	0,75	0,50	1,00	0,50	2,00	0,50	1,00	3,00	0,25	3,00	0,63
18A	0,75	1,00	0,00	3,00	0,19	0,50	1,00	0,25	3,00	0,31	1,00	3,00	0,25	3,00	0,63

Observa-se, na tabela 4.2.4.3.3, que existem divergências na avaliação de cada fator, mas, ao ser realizada a média ponderada de cada especialista e comparando-se o desvio padrão (tabela 4.2.4.3.4) ao “Indicador de qualificação das respostas dos especialistas para as variáveis de projeto. (tab.4.2.3.4)” pode-se considerar que, após a realização do plano fatorial, todas as variáveis podem ser consideradas com qualificação semelhante, com exceção da variável 16A, que apresenta o valor de desvio padrão que a qualifica como variável diferenciada, neste caso recomenda-se que a avaliação dos especialistas seja feita de maneira presencial para que juntos cheguem a um consenso.

Tab. 4.2.4.3.4 Qualificação das respostas de conforto visual após o plano fatorial

	Média ponderada especialista 1	Média ponderada especialista 1	Média ponderada especialista 1	Média dos três especialistas	DESVIO
1C	0,75	0,67	0,70	0,71	0,03
2G	0,63	0,67	0,38	0,56	0,13
3C	0,25	0,44	0,25	0,31	0,09
5A	0,75	0,67	1,00	0,81	0,14
5F	0,67	0,31	0,50	0,49	0,14
6F	0,67	0,31	0,70	0,56	0,18
8A	0,33	0,35	0,63	0,44	0,13
9A	0,75	0,25	0,63	0,54	0,21
11B	0,13	0,31	0,63	0,35	0,21
11H	0,13	0,13	0,63	0,29	0,24
12A	0,33	0,31	0,80	0,48	0,23
12E	0,13	0,20	0,63	0,32	0,22
12H	0,13	0,35	0,50	0,33	0,15
14D	0,75	0,88	1,00	0,88	0,10
14H	0,75	0,75	0,63	0,71	0,06
15C	0,75	0,75	1,00	0,83	0,12
15G	0,42	0,25	0,50	0,39	0,10
16A	0,88	0,25	0,90	0,68	0,30
17B	0,75	0,50	0,63	0,63	0,10
18A	0,19	0,31	0,63	0,38	0,18

4.3- Aplicação de exemplos de soluções e de metodologia de projeto no ensino de projeto.

Neste capítulo é apresentado o desenvolvimento de estudos preliminares para um programa de projeto de escola realizado na disciplina de projeto de construção civil (CPCC3) do curso de tecnologia em Planejamento e Gestão de Empreendimento na Construção Civil desenvolvido no Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo (CEFET-SP).

Na primeira parte (seção 4.3.1) descreve-se a disciplina através das atividades desenvolvidas e do perfil do aluno, e, na segunda parte, avalia-se a aplicação (seção 4.3.2) através da comparação entre estudos preliminares e de auto-avaliação dos alunos.

4.3.1 Desenvolvimento de estudo preliminar

O ensino de projeto pode ser feito de diversas maneiras que podem depender dos objetivos da profissão a que se destina e da metodologia que se considera apropriada para se atingi-los. No curso de Tecnologia, ministrado no CEFET-SP, na disciplina de projeto 2, tem-se como objetivo que o aluno possa atuar na área da construção civil de modo a gerenciar informações de diversos profissionais da área. Para tal, considera-se importante que ele possua uma visão geral dos assuntos, isto é, terá que conhecer as interferências que podem ocorrer entre os diferentes tipos de projeto (arquitetônico e projetos complementares). O projeto arquitetônico é desenvolvido, na disciplina de projeto 2, considerando-se a união de aspectos de conforto ambiental (acústica, térmica, visual e funcional) e de projetos de estrutura, hidráulica e elétrica.

4.3.1.1 Descrição da componente curricular (disciplina CPCC3)

O Curso Superior de Tecnologia em Planejamento e Gestão de Empreendimentos na Construção Civil tem como objetivos (CEFET-SP, 2006):

- a formação tecnológica, científica, ambiental e cidadã do educando, através do desenvolvimento de conhecimentos com foco na área da construção civil, que possibilitem prospectar negócios, planejar e executar projetos e obras civis, bem como fazer o gerenciamento e manutenção de complexos industriais, comerciais e residenciais.
- o desenvolvimento da capacidade empresarial, com conhecimentos de administração e gestão de recursos humanos, materiais, patrimoniais e financeiros;
- o desenvolvimento de postura pessoal profissional, visando o adequado relacionamento com colegas e chefias, o auto-desenvolvimento e a colaboração corporativa;

- o desenvolvimento de um profissional apto a gerenciar seu próprio empreendimento, com a qualidade e a competitividade necessárias ao cenário multidisciplinar de ambientes globalizados em constantes mudanças.

O modelo pedagógico do curso baseia-se no ensino por competências e no aprendizado baseado em problemas (problem based learning – pbl) (CEFET-SP, 2006).

As práticas pedagógicas das componentes curriculares procuram trazer ao aluno a realidade presente no mundo do trabalho. As competências desenvolvidas pelo aluno são potenciais e demostradas em aplicações pedagógicas que modelem situações presentes no ambiente de trabalho. Para que as competências, habilidades e atitudes possam ser avaliadas, em geral, em cada componente curricular tem-se um professor para cada 20 alunos.

A componente curricular CPCC3 tem por objetivos que o aluno possa identificar soluções de projeto para os confortos térmico, visual, acústico e funcional, para a estrutura, para hidráulica e elétricos, de modo a considerar o gerenciamento de informações dos diversos campos de estudo e dos profissionais envolvidos. Por esta razão ela é ministrada por dois professores, um com formação em engenharia civil e outro com formação em arquitetura. É importante ressaltar que se trata de um curso noturno e que a maioria dos alunos trabalha, portanto utiliza-se o tempo de sala de aula para se desenvolver a maioria dos trabalhos.

Para tratar os diversos aspectos de construção civil, considera-se que o projeto deve ser feito por uma equipe multidisciplinar (arquitetos, engenheiros especialistas de conforto térmico, acústico e visual entre outros) e é proposto o uso de metodologia para o gerenciamento das informações da equipe de projeto.

No estudo de caso simulam-se o gerenciamento de informações de projeto, a classe foi dividida em cinco grupos (térmico, visual, acústico, funcional e estrutura, hidráulica e elétrica) e elaborou um único projeto considerando o uso da metodologia de projeto axiomático e de exemplos de soluções.

A componente curricular CPCC3 propõe os seguintes problemas:

1 – A necessidade de desenvolver um projeto considerando os diversos profissionais envolvidos. **Como trabalhar em equipe?**
2 – No projeto de edifícios existem diferentes interferências de diversos campos. **Como reconhecer as interferências de diferentes aspectos do projeto?**
3 – A tomada de decisão requer uma avaliação das interferências e a escolha de uma solução. **Como escolher e apresentar o projeto demonstrando que esta solução é a "melhor"?**
O programa de ensino é apresentado na tabela 4.3.1.1.1, a avaliação dos saberes se visualizam na tabela 4.3.1.1.2. e o planejamento das atividades se encontra na tabela 4.3.1.1.3.

Tab. 4.3.1.1.1 Programa de ensino

Programa de Ensino							Pag.: 1/1
Curso: Superior de Tecnologia Planejamento e Gestão de Empreendimentos na Construção Civil	Código da disciplina: CPCC 3	Disciplina: Projetos de Construção Civil 2	Mód. : Planejamento e Gestão de Projetos na construção Civil N. aulas : 05				Professor(es): Bispo / Valéria
Item	Competências	Bases					Bibliografia:
			Descrição	T	C	I	
1	Identificar e analisar soluções de projeto para o conforto térmico.	15	Estudo das soluções para o conforto térmico em diferentes etapas do projeto.	T			Básica: Corbella, Oscar; Yannas, Simos – Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan, 2003. Souza, Léa C.L.; ALMEIDA, Manuela G.; BRAGANÇA, Luís. Bê-a-bá da Acústica Arquitetônica: ouvindo a arquitetura. Bauru: L.C.L. de Souza, 2003. Ernest Neufert Arte de projetar em arquitetura / São Paulo : Gili, 2004
2	Identificar e analisar soluções de projeto para o conforto visual.	16	Estudo das soluções para o conforto visual em diferentes etapas do projeto.	T			
3	Identificar e analisar soluções de projeto para o conforto acústico.	17	Estudo das soluções para o conforto acústico em diferentes etapas do projeto.	T			
4	Identificar e analisar soluções de projeto para o conforto funcional.	18	Estudo das soluções para o conforto funcional em diferentes etapas do projeto.	T			
5	Identificar e analisar soluções de projeto para a estrutura	19	Estudo das soluções para a estrutura em diferentes etapas do projeto.	T			
6	Elaborar projetos considerando as interferências dos diversos campos de estudo.	20	Trabalho em equipe			I	
		21	Interpretação das soluções de projeto			I	
		22	Organização do trabalho através do uso de organogramas, fluxogramas e/ou tabelas		C		
7	Selecionar e classificar soluções de projeto.				C		
		23	Desenvolvimento de documentação escrita com a descrição do processo da solução.			I	
8	Planejar e organizar o tempo de atividades.	24	Oratória e persuasão verbal.			I	
9	Elaborar memoriais, atas de reuniões e relatórios técnicos						
10	Expressar de forma verbal pontos de vista, conclusões e relatórios						

Tab. 4.3.1.1.2 Avaliação dos saberes da componente curricular CPCC3

Disciplina: Projetos de Construção Civil 2			**Sigla: CPCC3**
Etapa: 3	**Aulas:5**	**Pré-requisitos: projeto 1**	**Semestre/Ano: 1/2007**

Item	**Saber Avaliado**	**Condições da Avaliação**	**Nível para Aprovação**
1	Identificar e analisar soluções de projeto para o conforto térmico.	Consulta livre trabalho em equipe	Apresentar pelo menos três de soluções para estudo preliminar. Relatório de equipe
2	Identificar e analisar soluções de projeto para o conforto luminoso.	Consulta livre trabalho em equipe	Apresentar pelo menos três de soluções para o estudo preliminar. Relatório de equipe
3	Identificar e analisar soluções de projeto para o conforto acústico.	Consulta livre trabalho em equipe	Apresentar pelo menos três de soluções para estudo preliminar. Relatório de equipe
4	Identificar e analisar soluções de projeto para o conforto funcional.	Consulta livre trabalho em equipe	Apresentar pelo menos três de soluções para o estudo preliminar. Relatório de equipe
5	Identificar e analisar soluções de projeto para estrutura, hidráulica e elétrica.	Consulta livre trabalho em equipe	Apresentar pelo menos três de soluções para o estudo preliminar. Relatório de equipe
6	Elaborar projetos considerando a interferências dos diversos campos de estudo	Trabalho entre equipes	Descrever as interferências dos diversos campos através de representação gráfica e escrita.
7	Selecionar e classificar soluções de projeto	Avaliação da relevância de cada solução em comparação com as demais.	Classificar as soluções informando o sistema de classificação adotado
8	Planejar e organizar o tempo de atividades	Utilizar organogramas, fluxogramas e/ou tabelas	Clareza e coerência no planejamento das atividades
9	Elaborar memoriais, atas de reuniões e relatórios técnicos	Relatório individual em sala de aula	Desenvolver documentação escrita e individual que descreva o processo da solução.
10	Expressar de forma verbal pontos de vista, conclusões e relatórios	Apresentação pública de fatos, dúvidas e conclusões	Boa oratória e poder de persuasão

Tab. 4.3.1.1.3 Planejamento de atividades.

Aula 1	Apresentação do curso, sistemas de avaliação, divisão dos grupos de trabalho. Escolha do projeto a ser estudado, entrega da bibliografia, trabalho de pesquisa em grupos temáticos sobre a área de estudo escolhida.
2	Apresentação (do professor) da metodologia de projeto axiomático e matrizes de projeto. Apresentação do professor de exemplo de mapeamento de requisitos funcionais e parâmetros de projeto.
3	Elaboração e montagem da apresentação dos grupos temáticos sobre seu campo de estudo
4	Apresentação e avaliação dos grupos de seus campos temáticos “Quem sou eu” Apresentação do mapeamento entre requisitos funcionais e parâmetros de projeto
5	Visita técnica no local de implantação do estudo preliminar
6	Desenvolvimento por parte dos alunos das matrizes de projeto de cada campo de estudo
7	Entrega de relatório de visita técnica Desenvolvimento por parte dos alunos da matriz de projeto do primeiro nível hierárquico – análise de influência dos diversos campos de estudo.
8	Desenvolvimento por parte dos alunos da matriz de projeto do primeiro nível hierárquico – análise de influência dos diversos campos de estudo. Apresentação da matriz e fluxograma por cada equipe. Apresentação do professor de alguns exemplos de soluções avaliados por especialistas.
9	Desenvolvimento do 1° estudo preliminar
10	Desenvolvimento do 1° estudo preliminar
11	Desenvolvimento do 2° estudo preliminar
12	Desenvolvimento do 2° estudo preliminar
13	Desenvolvimento do 3° estudo preliminar
14	Desenvolvimento do 3° estudo preliminar
15	Fechamento do trabalho dos três estudos
16	Apresentação dos três estudos indicando pontos positivos e negativos. Entrega de relatório e Escolha de um estudo
17	Fechamento de notas e aplicação de questionário de avaliação.

A classe que realizou os estudos preliminares no 1º semestre de 2007 foi formada por 21 alunos que possuem o seguinte perfil:

- Média de idade 29,7 anos, podendo variar de 19 a 42 anos,
- 41% são do sexo feminino,
- 36 % possuem filhos.
- Os motivos de escolha do curso são verificados na tabela 4.3.1.1.4.
- A experiência profissional se encontra na tabela 4.3.1.1.5
- A formação escolar na tabela 4.3.1.1.6

Tab. 4.3.1.1.4 Motivos de escolha do curso

Escolha do curso	citações	porcentagem
1- duração do curso	2	6%
2- ensino gratuito	9	26%
3- ensino no período noturno	4	11%
4- busca por uma nova área	12	34%
5- aprimoramento na área	7	20%
6- indicação de amigos	1	3%
Número de citações	35	100%

Tab. 4.3.1.1.5 Experiência profissional

Respostas	Experiência profissional
18%	Não possui experiência profissional
32%	Trabalham na área (instalações prediais hidráulica, assistência técnica, projetos, mestre de obras, orçamentista, projetista de formas, controle tecnológico de obras, fiscalização de obras)
50%	Trabalham em outras áreas (vendas, informática, recursos humanos, secretaria, logística, tele marketing, guarda municipal, correio, mecânico, telecomunicações)

Tab. 4.3.1.1.6: Formação escolar

Formação	Número respostas	porcentagem
1- estadual	8	38%
2-técnico /estadual/federal	8	38%
3 supletivo	2	10%
4- superior/ tecnólogo	3	14%
total	21	100%

A partir deste momento se descreve as atividades desenvolvidas aula a aula no primeiro semestre de 2007.

4.3.1.2 Descrição das atividades desenvolvidas na disciplina CPCC3

Na AULA 1 foram apresentadas as questões principais e o porquê de se trabalhar com um projeto de edificação escolar estadual. Destacaram-se fatores como:

facilidade de aquisição de plantas dos edifícios, a existência de avaliação pós-ocupação que detectam problemas referentes a aspectos de conforto ambiental, existência de uma metodologia de projeto padronizada desenvolvida por arquitetos e engenheiros, e facilidade de visita aos edifícios. Deu-se uma visão geral das cinco áreas temáticas e os alunos se organizaram em dois grandes grupos. Nesta primeira aula, ainda houve a pesquisa de material bibliográfico de cada área temática através de livros trazidos pelos professores, biblioteca e acesso à internet para o desenvolvimento do seminário "quem sou eu". Neste seminário cada subgrupo deveria se apresentar e responder as seguintes perguntas:

- o que define? Qual a importância?
- quais parâmetros de projeto?
- quais normas seguem?
- quais cálculos são realizados?

No primeiro semestre de 2007, a classe foi dividida em 2 grandes grupos e cada grupo dividido em 5 subgrupos. Cada grupo escolheu uma escola existente para visitar e desenvolver estudos preliminares com o mesmo programa e terreno da escola visitada. Nesta pesquisa descreve-se o trabalho desenvolvido por um dos grupos. O grupo 1 escolheu a escola Dr. Pedro Moraes Victor projetada por Angelo Bucci e Álvaro Puntoni, visualizada na figura 4.3.1.2.1, localizada no bairro do Tremembé em São Paulo.

A concepção pavilhonar é conseqüência da modulação estrutural adotada atualmente pela FDE e, principalmente, do formato do terreno, próximo do triangular. A extensão do edifício, de quase 95 metros (por 22 metros de largura), foi encaixada no lote partindo do paralelismo com o maior lado do triângulo, ocupando quase toda a linha dessa divisa[35].

35 Texto e figuras encontrados em http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura672.asp acesso em 04/09/2007

Os autores ajustaram a topografia ao programa escolar, criando dois platôs principais. Na porção sul, fica a entrada de alunos, com o chamado galpão (recreio coberto) abrigando cantina e sanitários no térreo, e salas de aulas no piso superior. Voltado para o norte, o outro núcleo tem três pisos. No mais baixo estão a secretaria e a diretoria, com entrada independente; acima (na mesma cota do galpão) ficam as salas de informática e de múltiplo uso, além da biblioteca; no último pavimento se localiza outro grupo de salas de aulas.

No centro da construção, entre os dois blocos laterais, a quadra coberta torna-se ponto focal do projeto. Com pé-direito triplo, ela possui um terceiro acesso, eventualmente utilizado como saída de alunos ou entrada de usuários da comunidade. Destacam-se neste espaço três elementos. O primeiro são os brises de madeira, o segundo elemento em destaque são as passarelas metálicas que interligam os dois núcleos de salas de aulas. Como um grande H suspenso sobre o piso da quadra, o conjunto foi atirantado às vigas da cobertura, que vencem vão de 22 metros. Por fim, o último elemento a se destacar no espaço central da escola são os dois painéis criados pelo artista plástico Speto, conhecido por seus grafites.

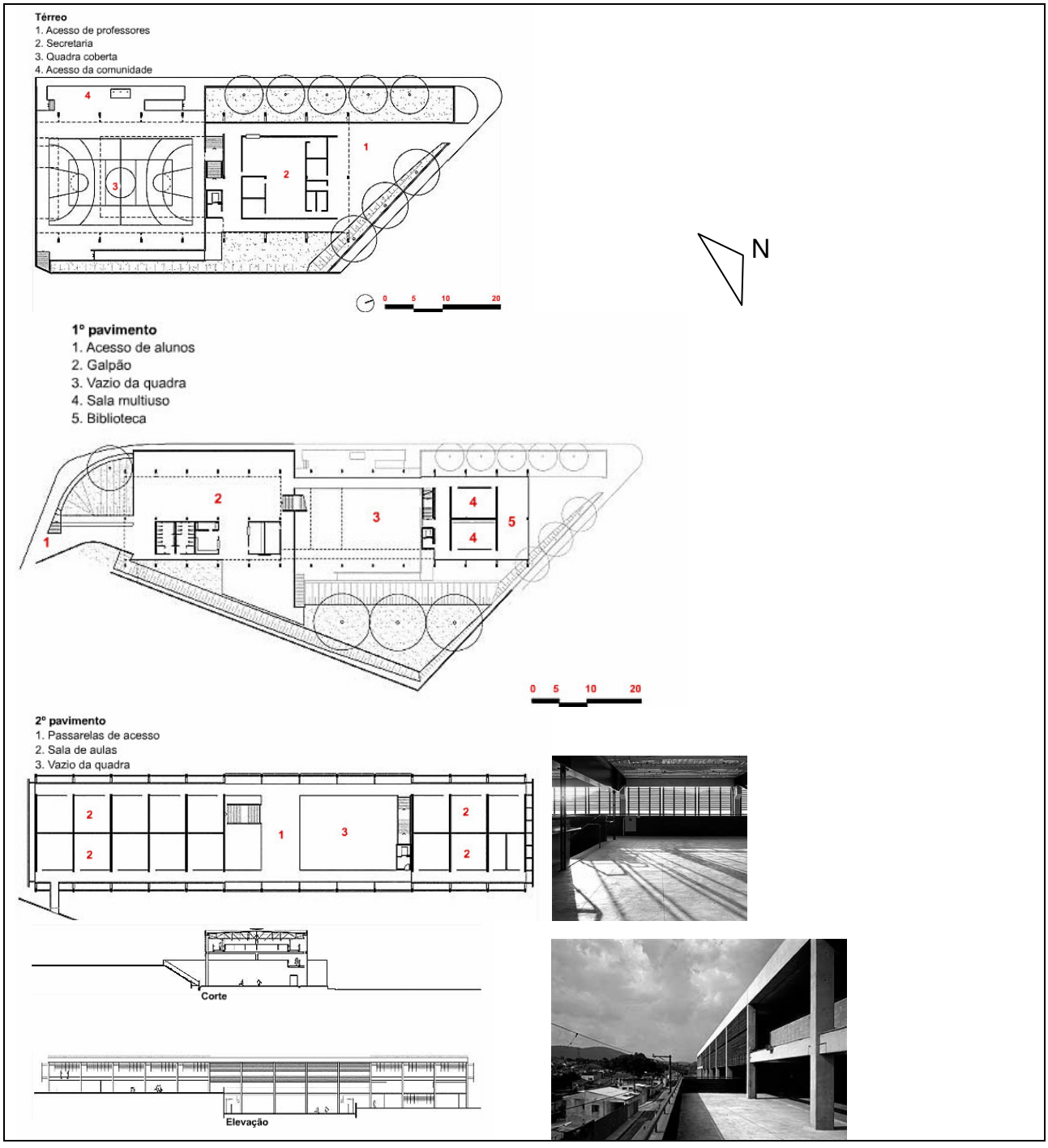


Fig.4.3.1.2.1 Escola Estadual projetada por Angelo Bucci e Álvaro Puntoni[36]

36 figuras encontrados em http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura672.asp acesso em 04/09/2007

Na AULA 2 houve a apresentação da metodologia de projeto axiomático (vide anexo 1). Após esta apresentação os alunos começaram a desenvolver o seminário “quem sou eu” este trabalho se concluiu na AULA 3.

Na AULA 4 houve a apresentação de cada grupo com o tema “quem sou eu”. Esta apresentação foi realizada com o objetivo de que cada subgrupo pudesse adquirir conhecimento das outras áreas de projeto (vide anexo2). Na segunda parte da aula os professores mostraram o mapeamento descrito na seção 3.5 e ainda modelos de mapeamento para o conforto funcional, a estrutura, a hidráulica e elétrica. Foi explicado que estes mapeamentos poderiam ser modificados, pois se tratam de uma possibilidade e não necessariamente a única solução.

A visita técnica foi realizada pelo grupo e acompanhada pelos professores na AULA 5, o relatório desta visita se encontra no anexo 3. Algumas observações dos alunos foram:

Funcionalidade:

- A área da Administração fica longe das salas de aula (administração no nível 93,7 e as salas de aula no nível 100,25) situação de insegurança.
- existem duas rampas para cadeirante: uma na entrada da escola e a outra pela quadra de esporte, porém para ir até as salas de aula que ficam no 2º piso existe somente acesso pelo elevador.
- Na quadra não tem arquibancada.
- Os banheiros ficam distante das salas de aula.
- A biblioteca, laboratório, espaço de arte e sala de informática ficam próximos.
- Salas de aula com capacidade para 40 alunos, o mobiliário é composto por mesas e cadeiras separadas e mesa do professor.
-Escadas com piso táteo no inicio e fim.
-o funcionamento e manutenção é feito por 5 funcionários administrativos incluindo a diretora e 4 funcionários para limpeza, sendo dois no período da manhã/tarde e dois para tarde/noite.

Conforto térmico:

- Lateral das salas com esquadrias (+vidro) sem nenhum tipo de proteção a incidência de raios solares
- Teto e piso das salas de aula sem tratamento térmico.
- Paredes externas sem revestimento de argamassas
- Frio extremo no inverno e calor excessivo no verão.
- Não possui anteparos para controle de ventilação.
- Corredores e quadra com cobertura de telhas metálicas
- Corredores e quadra com aberturas laterais que permitem a circulação de ar frio.
- Incidência Lateral de raios solares na quadra.

Conforto visual

- As salas possuem lâmpadas fluorescentes,
- Na área externa foi observada iluminação com lâmpada de vapor de sódio e na quadra de esportes lâmpada de vapor metálico.
- As lâmpadas ficam ligadas durante todo o dia nas salas de aula e setores administrativos.
- Em certas ocasiões do dia há problemas de ofuscamento causado pela luz do sol no setor administrativo e nas salas de aula.
- Nos corredores há brises de madeira.
-A topografia do terreno influenciou a orientação do prédio e os alunos consideraram satisfatória a iluminação natural das salas.
- Sala de cinema utiliza folhas de papel Craft para impedir a interferência de luminosidade.

Conforto acústico

- Escola projetada sem qualquer tipo de barreira acústica.
- Vão central para a quadra, sem elementos acústicos que impossibilitem a interferência dos sons durante as atividades esportivas com as salas de aula.
- Sala de cinema sem tratamento acústico.

- Salas de aula com abertura para a ventilação voltada para o corredor, o que causa interferência acústica entre os ambientes.

Instalações Hidráulicas

- Possui instalação de água fria; instalação de esgoto; instalação de água pluvial; instalação de combate ao incêndio; instalação de gás.
- Descreveu-se quantidade de equipamentos
- A escola se utiliza de água fornecida pela concessionária Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo).
- O reservatório de água se encontra no primeiro piso, em uma área um pouco mais elevada devido ao desnível existente do terreno.
- Foi verificado uma interdependência entre dois sistemas: o hidráulico e o estrutural.

Instalações elétricas

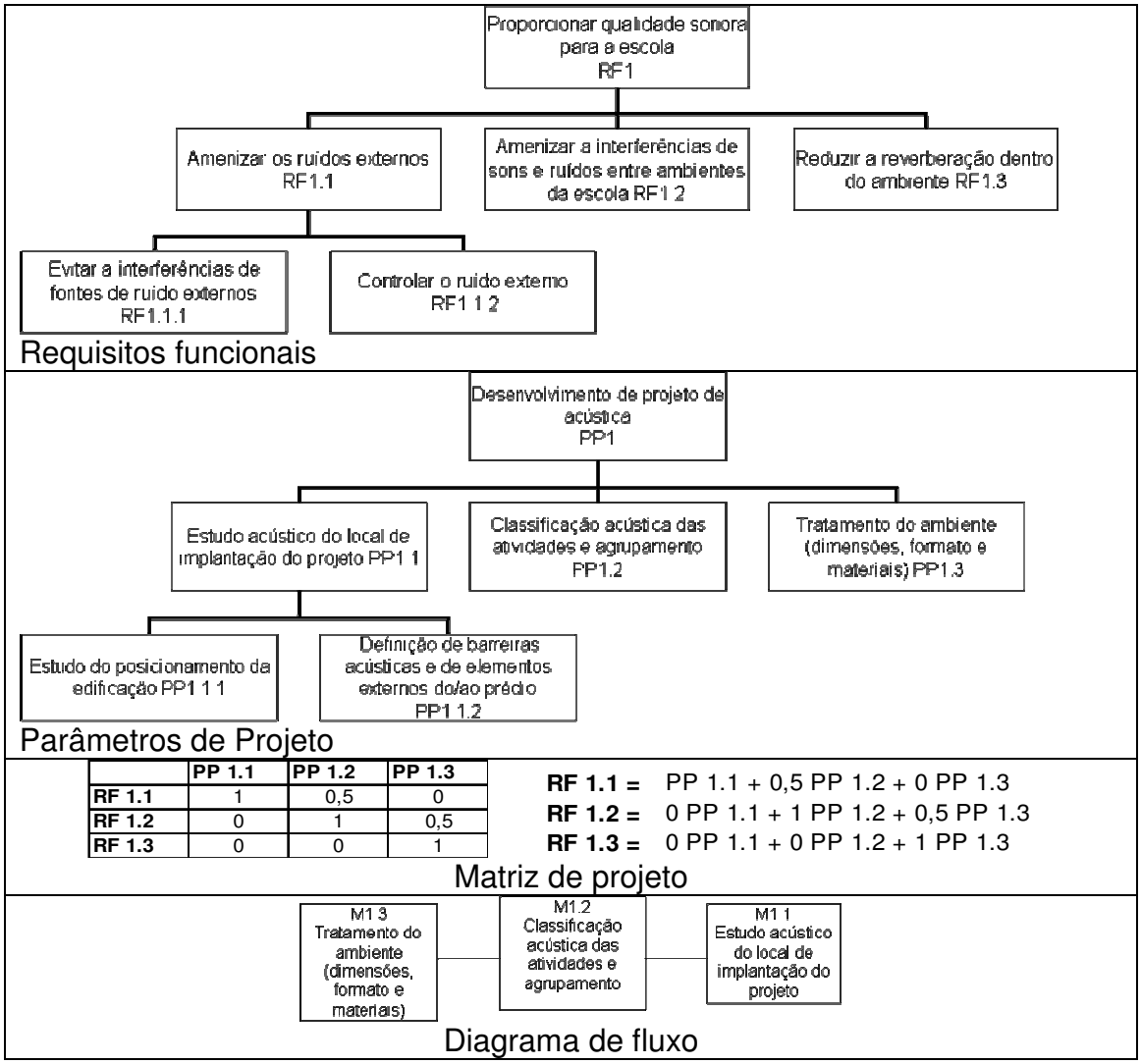
- Áreas externas iluminadas com lâmpadas de vapor de sódio de 150W;
- Iluminação da quadra de esportes com lâmpadas de vapor metálico de 250W;
- As áreas internas possuem lâmpadas fluorescentes;
- Nas salas de aula há oito pontos de luz no teto com 2 lâmpadas fluorescentes;
- Há um ponto de tomada baixa de 110V e um ponto de tomada alta de 110V nas salas de aula;
- Os Quadros de Luzes estão posicionados nos corredores;
- Nas áreas externas: a instalação é aparente, com eletrodutos metálicos que passam entre os pilares (interferência na estrutura – furação nos pilares);

Estrutura

- A estrutura mista (concreto + estrutura metálica), pilares, vigas e lajes pré-moldadas de concreto para o corpo principal e perfis metálicos na sustentação e formação dos mezaninos e cobertura.
- Uma das interferências observadas é a utilização de furos existentes nos pilares para a passagem de eletrodutos de aço galvanizado.

- Os pilares também servem para a fixação de tubulações do sistema pluvial, de energia elétrica e lógica.
- Os pilares, por estarem localizados em cantos e meios de paredes, não interferem na funcionalidade das salas de aula, porém influenciam diretamente no posicionamento de corredores e acessos entre os diversos ambientes da escola.

Na AULA 6 os alunos desenvolveram as matrizes de projeto e o diagrama de fluxo de cada área temática. Nesta aula houve bastante solicitação de orientação dos professores. O resultado de cada área temática se visualiza nas figuras 4.3.1.2.2, 4.3.1.2.3, 4.3.1.2.4, 4.3.1.2.5, 4.3.1.2.6, 4.3.1.2.7 e 4.3.1.2.8.



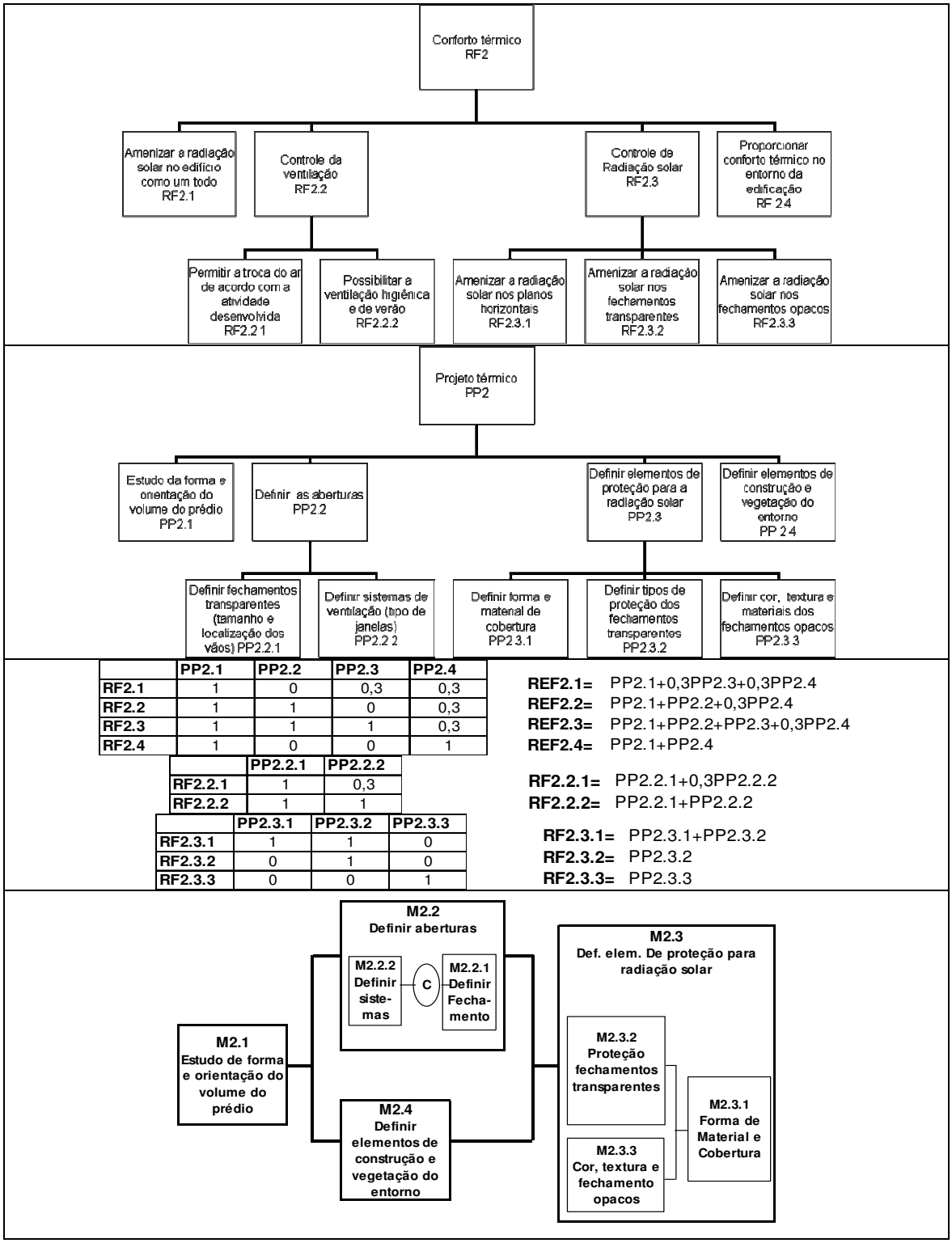
	PP 1.1	PP 1.2	PP 1.3
RF 1.1	1	0,5	0
RF 1.2	0	1	0,5
RF 1.3	0	0	1

Fig. 4.3.1.2.2 Fluxograma do subgrupo de conforto acústico

Verifica-se na figura 4.3.1.2.2, que a seqüência de atividades para os alunos do subgrupo de acústica é linear, primeiro eles deveriam pensar no tratamento acústico do ambiente, segundo classificar a acústica dos ambientes e agrupa-los e depois estudar a implantação do projeto. Não apresentaram o diagrama de fluxo do módulo 1.1[37]. Esta organização não era a esperada pelos professores, que previam uma seqüência também linear, mas iniciando-se pelo M1.2, depois M1.1 e M1.3 (GRAÇA, KOWALTOWSKI e PETRECHE, 2007b). Este fato pode ter ocorrido, pois, os alunos no

[37] Embora o nome do módulo devesse ser o do requisito funcional os alunos o nomearam pelo parâmetro de projeto, pois, acharam mais fácil para desenvolver a matriz e diagrama de fluxo.

semestre anterior desenvolveram um projeto de residência a partir das definições de cada ambiente para depois uni-los e implanta-los no terreno.



	PP2.1	PP2.2	PP2.3	PP2.4
RF2.1	1	0	0,3	0,3
RF2.2	1	1	0	0,3
RF2.3	1	1	1	0,3
RF2.4	1	0	0	1

	PP2.2.1	PP2.2.2
RF2.2.1	1	0,3
RF2.2.2	1	1

	PP2.3.1	PP2.3.2	PP2.3.3
RF2.3.1	1	1	0
RF2.3.2	0	1	0
RF2.3.3	0	0	1

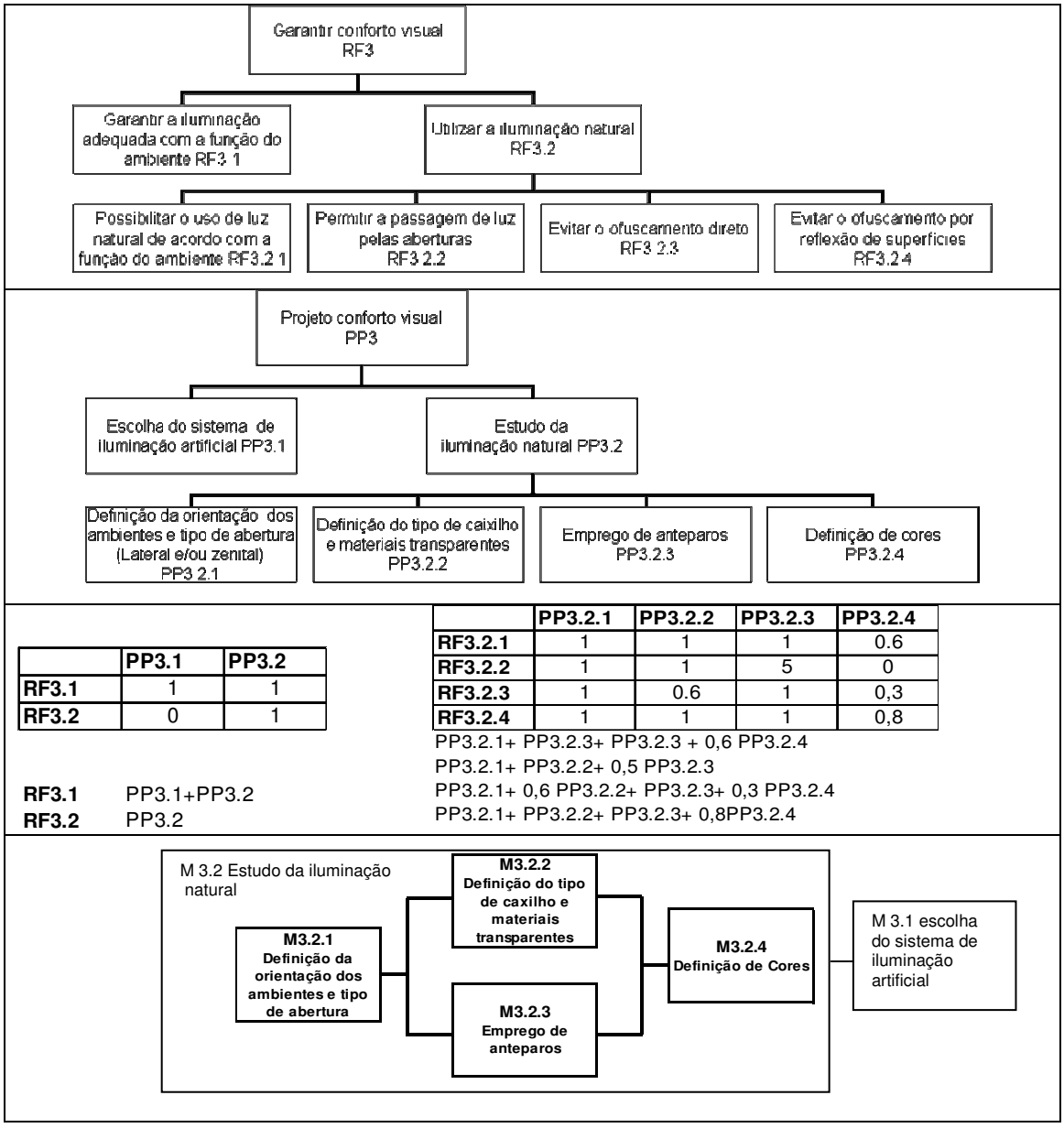
REF2.1= PP2.1+0,3PP2.3+0,3PP2.4
REF2.2= PP2.1+PP2.2+0,3PP2.4
REF2.3= PP2.1+PP2.2+PP2.3+0,3PP2.4
REF2.4= PP2.1+PP2.4

RF2.2.1= PP2.2.1+0,3PP2.2.2
RF2.2.2= PP2.2.1+PP2.2.2

RF2.3.1= PP2.3.1+PP2.3.2
RF2.3.2= PP2.3.2
RF2.3.3= PP2.3.3

Fig. 4.3.1.2.3 Fluxograma do subgrupo de conforto térmico

Verifica-se na figura 4.3.1.2.3, que a seqüência de atividades para os alunos do subgrupo de conforto térmico é linear e em paralelo. Primeiro eles deveriam pensar no estudo da forma e orientação do volume do prédio, segundo poderiam trabalhar em paralelo com a definição de aberturas e definição de elementos de construção e entorno e depois destas definições poderiam definir os elementos de proteção para a radiação solar. Esta organização era quase a esperada pelos professores, que previam uma seqüência linear, também iniciando com o M2.1 e finalizando com o M2.3 mas após o M2.1 seguiria o M2.4 e M.2.3. (GRAÇA, KOWALTOWSKI e PETRECHE, 2007b). Este fato pode ter ocorrido, pois, os alunos desprezaram a pequena influencia do M2.4 no M2.3, que eles próprios indicaram.



	PP3.1	PP3.2
RF3.1	1	1
RF3.2	0	1

	PP3.2.1	PP3.2.2	PP3.2.3	PP3.2.4
RF3.2.1	1	1	1	0.6
RF3.2.2	1	1	5	0
RF3.2.3	1	0.6	1	0,3
RF3.2.4	1	1	1	0,8

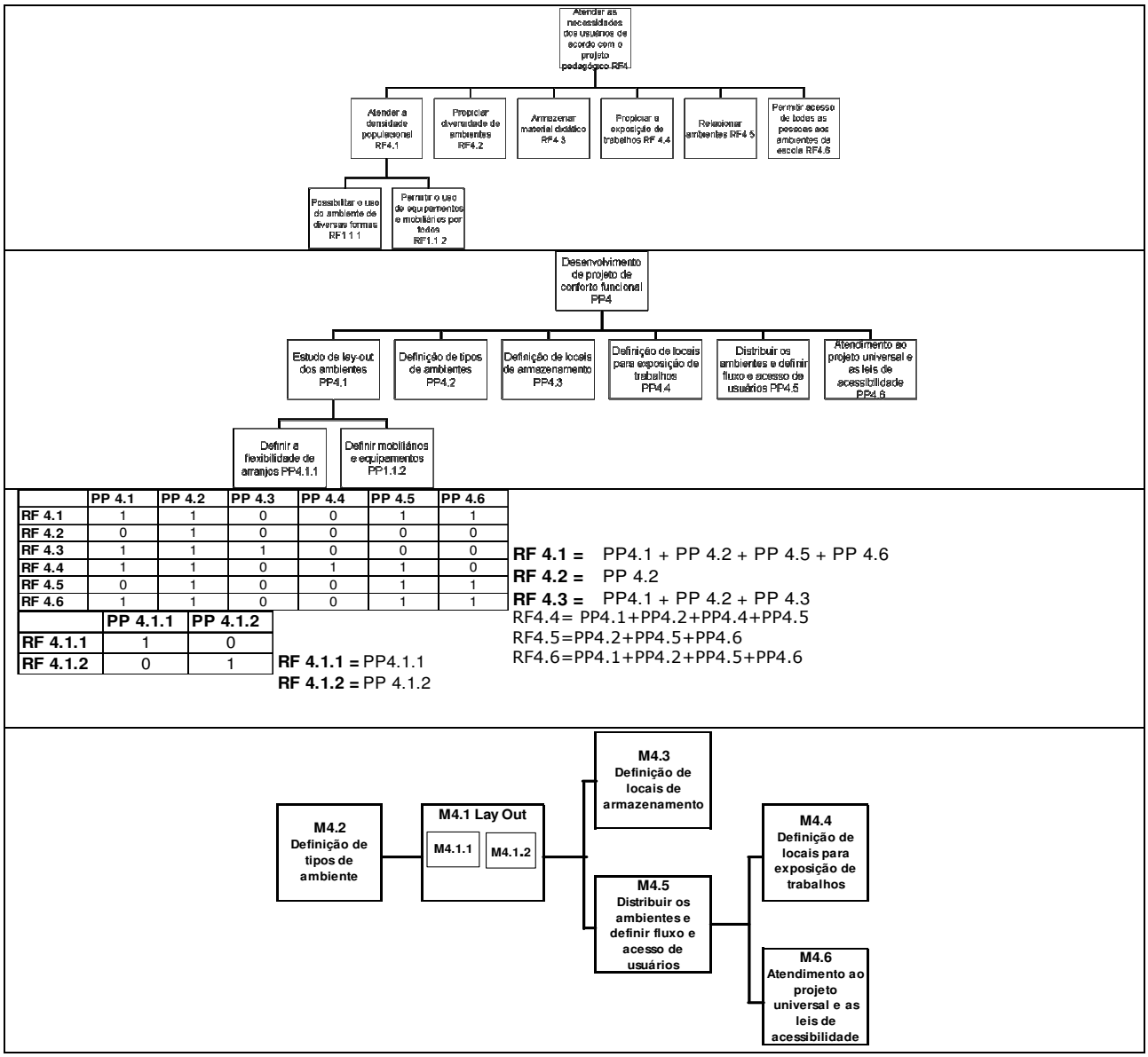
PP3.2.1+ PP3.2.3+ PP3.2.3 + 0,6 PP3.2.4
PP3.2.1+ PP3.2.2+ 0,5 PP3.2.3
PP3.2.1+ 0,6 PP3.2.2+ PP3.2.3+ 0,3 PP3.2.4
PP3.2.1+ PP3.2.2+ PP3.2.3+ 0,8PP3.2.4

RF3.1 PP3.1+PP3.2
RF3.2 PP3.2

Fig. 4.3.1.2.4 Fluxograma do subgrupo de conforto visual

Verifica-se na figura 4.3.1.2.4, que a seqüência de atividades para os alunos do subgrupo de conforto visual é linear no primeiro nível hierárquico. Esta seqüência, primeiro trabalhar com a iluminação natural e depois seguir com a iluminação artificial era a esperada pelos professores (GRAÇA, KOWALTOWSKI e PETRECHE, 2007b). O módulo de iluminação natural foi ainda seqüenciado de modo linear e em paralelo:

primeiro eles deveriam definir a orientação e tipo de abertura, para depois em paralelo definir caixilhos e emprego de anteparos para finalmente definir cores.



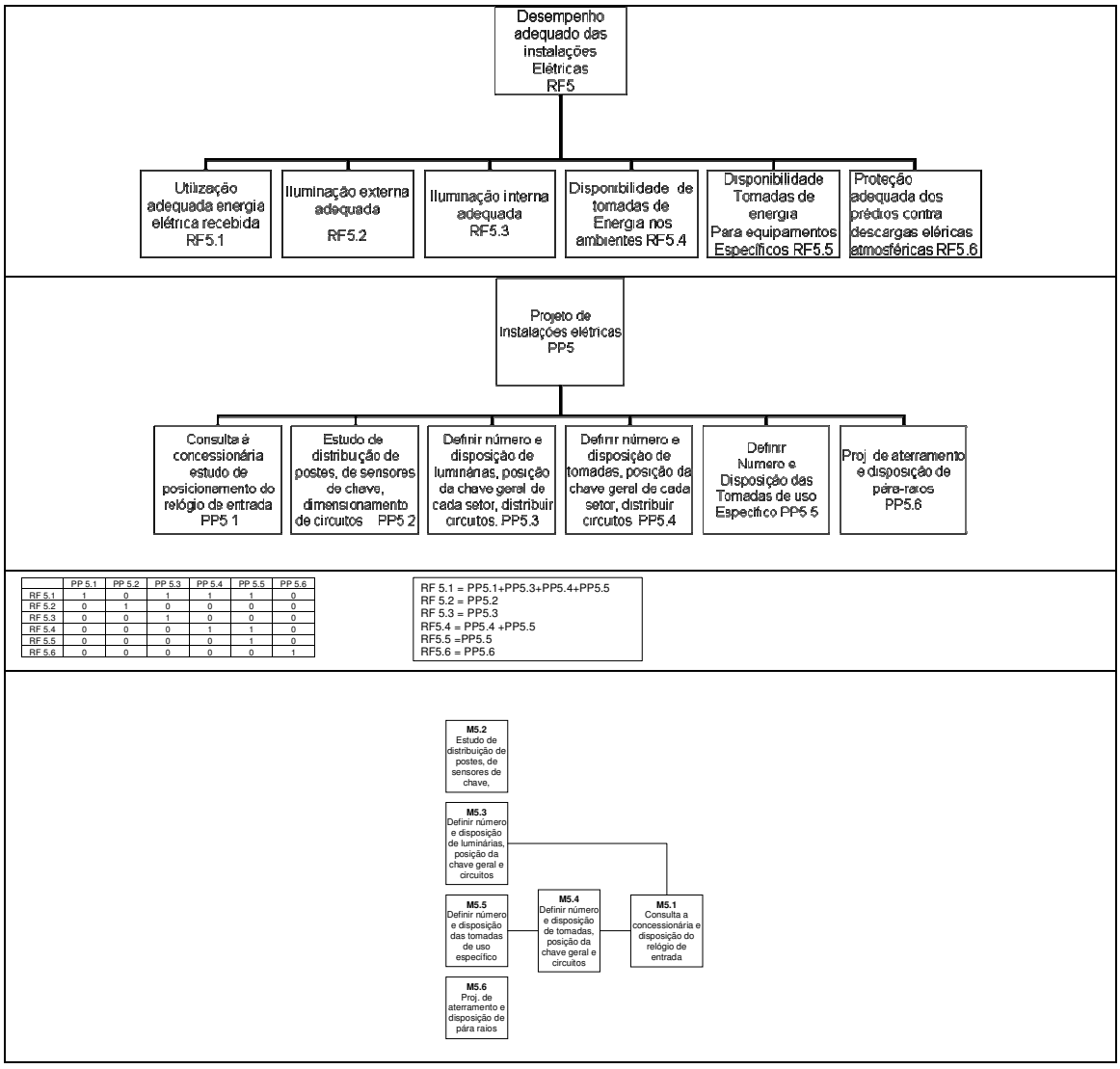
	PP 4.1	PP 4.2	PP 4.3	PP 4.4	PP 4.5	PP 4.6
RF 4.1	1	1	0	0	1	1
RF 4.2	0	1	0	0	0	0
RF 4.3	1	1	1	0	0	0
RF 4.4	1	1	0	1	1	0
RF 4.5	0	1	0	0	1	1
RF 4.6	1	1	0	0	1	1

	PP 4.1.1	PP 4.1.2
RF 4.1.1	1	0
RF 4.1.2	0	1

Fig. 4.3.1.2.5 Fluxograma do subgrupo de conforto funcional

Verifica-se na figura 4.3.1.2.5, que a seqüência de atividades para os alunos do subgrupo funcional é linear e em paralelo: primeiro ocorre definições de tipos de ambiente, depois o *layout,* em paralelo define-se locais de armazenamento e fluxos, seguindo com a definição de locais de exposição e atendimento ao projeto universal.

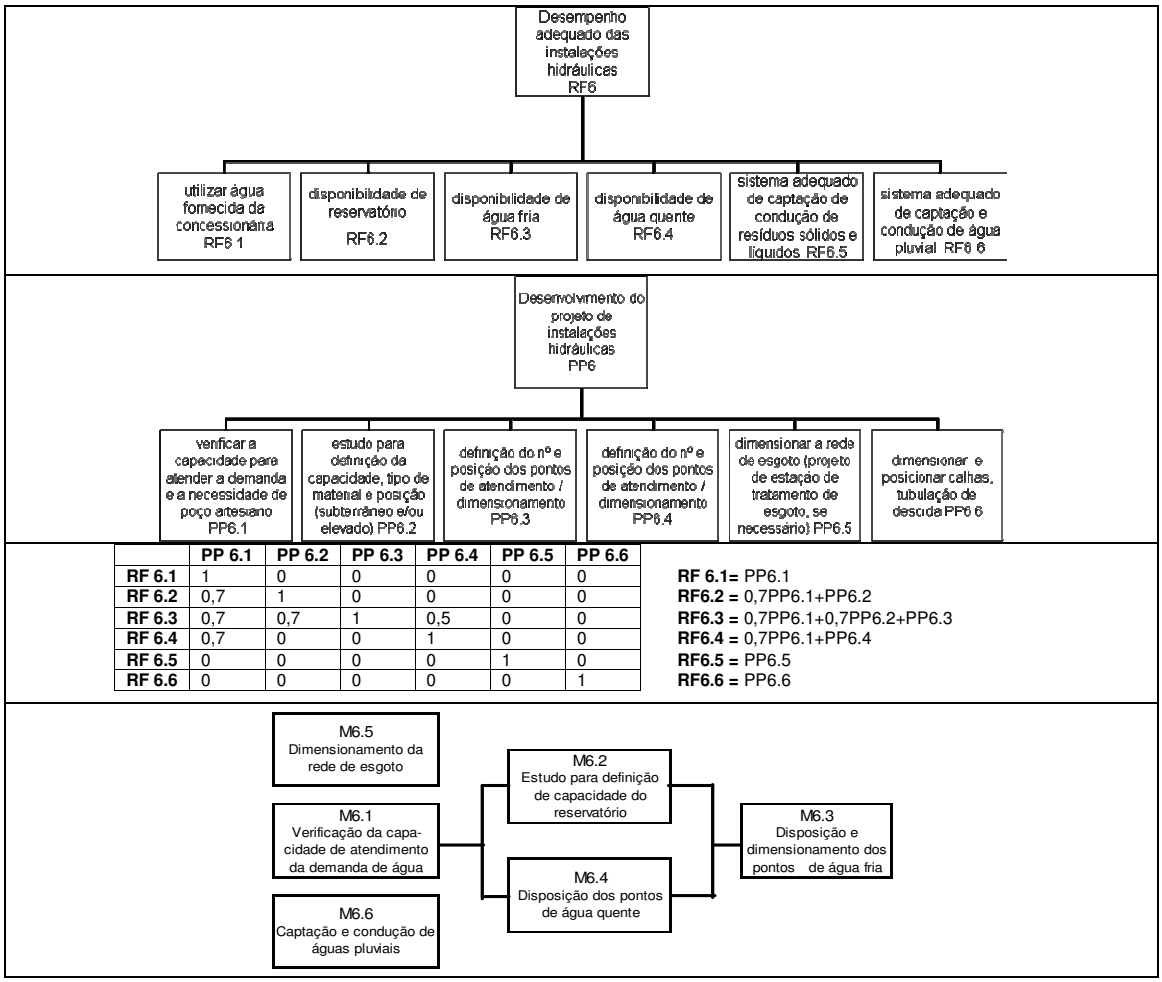
Esperava-se que o atendimento ao desenho universal viesse logo após a definição de tipos de ambientes.



	PP 5.1	PP 5.2	PP 5.3	PP 5.4	PP 5.5	PP 5.6
RF 5.1	1	0	1	1	1	0
RF 5.2	0	1	0	0	0	0
RF 5.3	0	0	1	0	0	0
RF 5.4	0	0	0	1	1	0
RF 5.5	0	0	0	0	1	0
RF 5.6	0	0	0	0	0	1

Fig. 4.3.1.2.6 Fluxograma do subgrupo de instalações elétricas

Verifica-se na figura 4.3.1.2.6, que a seqüência de atividades para os alunos do subgrupo de instalações elétricas é inicialmente em paralelo com as definições dos módulos 5.2, 5.3, 5.5 e 5.6. O módulo 5.4 segue com as definições do módulo 5.4 e o módulo 5.1 só pode ser definido após esta definição. Esperava-se que a definição de tomadas de uso específico e de uso geral também fossem em paralelo, e que a iluminação externa também influenciasse o M5.1.

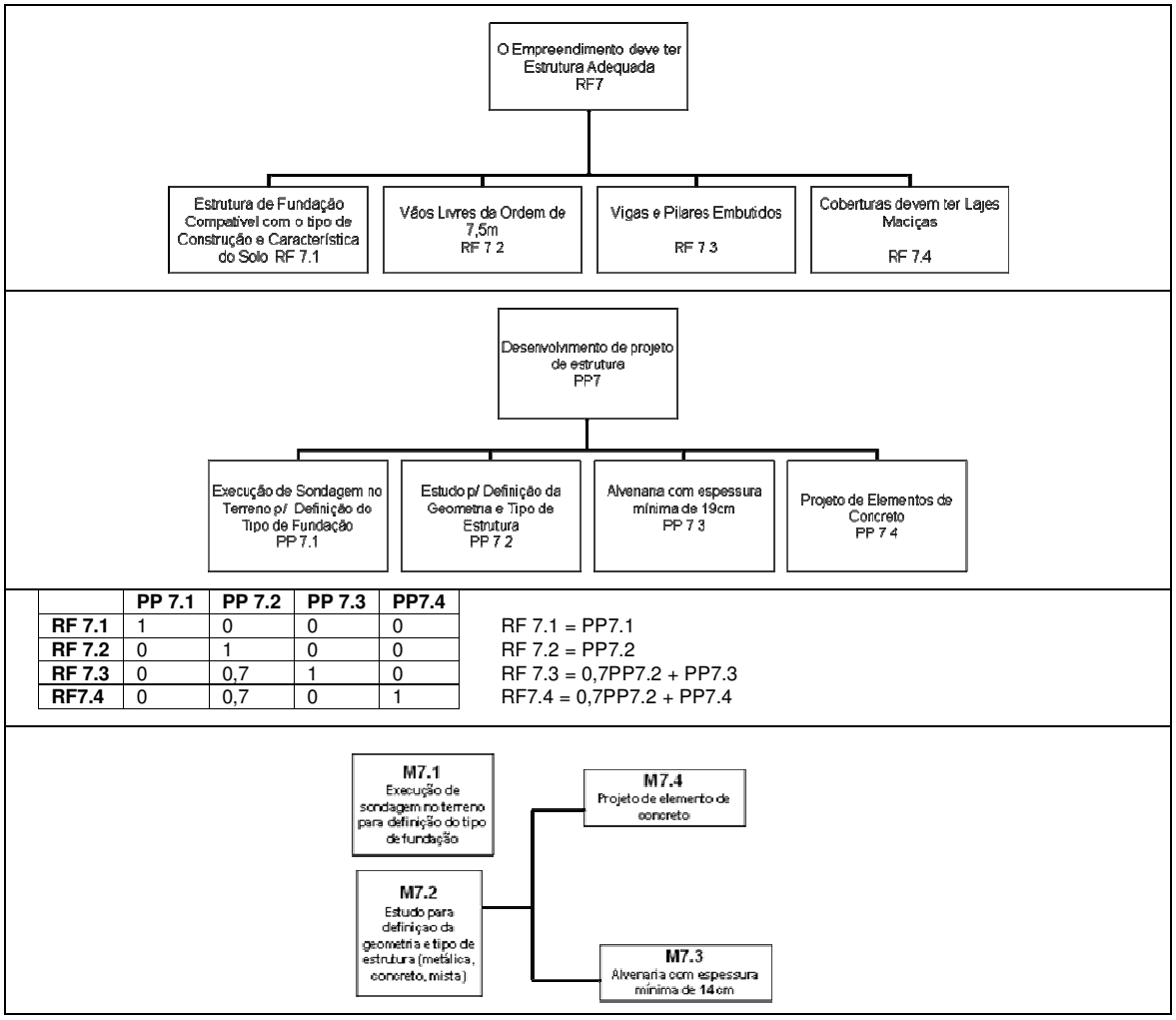


	PP 6.1	PP 6.2	PP 6.3	PP 6.4	PP 6.5	PP 6.6
RF 6.1	1	0	0	0	0	0
RF 6.2	0,7	1	0	0	0	0
RF 6.3	0,7	0,7	1	0,5	0	0
RF 6.4	0,7	0	0	1	0	0
RF 6.5	0	0	0	0	1	0
RF 6.6	0	0	0	0	0	1

RF 6.1= PP6.1
RF6.2 = 0,7PP6.1+PP6.2
RF6.3 = 0,7PP6.1+0,7PP6.2+PP6.3
RF6.4 = 0,7PP6.1+PP6.4
RF6.5 = PP6.5
RF6.6 = PP6.6

Fig. 4.3.1.2.7 Fluxograma do subgrupo de instalações hidráulicas

No fluxograma apresentado pelo subgrupo de hidráulica verifica-se o desenvolvimento inicial de três módulos em paralelo: dimensionamento da rede de esgotos, atendimento à demanda e captação de águas pluviais. Após a definição do M6.1, na visão dos alunos, pode-se em paralelo definir a capacidade do reservatório e a disposição dos pontos de água quente, sendo que todas estas definições influenciam a disposição e dimensionamento dos pontos de água fria. Esperava-se que as definições de pontos de água fria e água quente pudessem ser feitos em paralelo e que após estas definições poderia ser dimensionada a rede de esgotos.



	PP 7.1	PP 7.2	PP 7.3	PP7.4
RF 7.1	1	0	0	0
RF 7.2	0	1	0	0
RF 7.3	0	0,7	1	0
RF7.4	0	0,7	0	1

Fig. 4.3.1.2.8 Fluxograma do subgrupo de estrutura

No fluxograma apresentado na figura 4.3.1.2.8 observa-se que se podem desenvolver os módulos 7.1 e 7.2 em paralelo. Depois da definição do M7.2 pode-se trabalhar em paralelo com os módulos 7.4 e 7.3. Esperava-se que o M7.1 influenciasse o M7.2 e que o M7.4 influenciasse o M7.3.

Todas estas observações foram passadas para os alunos no momento da apresentação de cada grupo. Neste momento, foi solicitado que cada subgrupo fizesse uma revisão, para que depois pudessem verificar a influência de uma área na outra.

Na AULA 7 e 8 os alunos tentaram verificar a influência dos diversos campos de estudo através do desenvolvimento da matriz de projeto do primeiro nível hierárquico. A solicitação de orientação e as discussões entre subgrupos foram grandes, o que levou ao atraso de um dia no início do desenvolvimento do primeiro estudo preliminar. Assim as apresentações da matriz (tab. 4.3.1.2.1), das equações de projeto (tab. 4.3.1.2.2) e do fluxograma (fig. 4.3.1.2.9) ocorreram na AULA 9, após as correções solicitadas.

Houve a união de alguns módulos e manteve-se a numeração do menor módulo:

- M1.1 (estudo acústico do local de implantação do projeto) e M2.4 (elementos de construção e vegetação do entorno)
- M1.2 (classificação acústica das atividades e agrupamento) e M4.2 (definição de tipos de ambientes), M4.3 (definição de locais de armazenamento de materiais didáticos) e M4.4 (locais de exposição de trabalhos)
- M1.3 (tratamento do ambiente, dimensões, formato e materiais) com M3.2.4 (definição de cores)
- M2.2 (definir aberturas), M3.2.1 (definição da orientação dos ambientes e tipo de abertura) e M3.2.2 (definição de tipo de caixilhos e materiais transparentes)
- M2.3 (definir elementos de proteção para radiação solar) e M3.2.3 (empregos de anteparos)
-M4.5 (distribuir ambientes, fluxo e acesso de usuários) com M4.6 (atendimento ao projeto universal e às leis de acessibilidade).

Tab. 4.3.1.2.1. Matriz de projeto realizada pelos alunos

	PP1.1 (estudo acústico do local de implantação) e PP2.4 (elementos de proteção e construção do entorno)	PP1.2 (classificação acústica das atividades e agrupamento), PP4.2 (tipos de ambientes), PP4.3 e PP4.4(locais de armazenamento de material didático e exposição de trabalhos)	PP1.3 (tratamento do ambiente, dimensões, formato e materiais) RF3.2.4 (cores)	PP2.1 (estudo da forma e orientação do volume do prédio)	PP2.2 (aberturas), PP3.2.1(orientação dos ambientes e tipo de abertura-lateral e/ou zenital), PP3.2.2 (tipo de caixilho e materiais transparentes)	RF2.3 (elementos de proteção para radiação solar) e RF 3.2.3 (emprego de anteparos)	PP 3.1 (sistema de iluminação artificial)	PP4.1 (estudo de layout dos ambientes)	PP4.5 (distribuir ambientes e definir fluxos e acessosde usuários), PP4.6 (projeto universal e leis de acessibilidade	PP5.1 (consulta a concessionária e posicionamento do relógio de entrada)	PP5.2 (distribuição de postes, de sensores de chave, dimensionamento de circuitos)	PP5.3 (n° e disposição de tomadas, posição da chave geral de cada setor, distribuir circuitos)	PP5.4 (n° e disposição de tomadas, posição da chave geral de cada setor, distribuir circuitos)	PP5.5 (n° e disposição das tomadas de uso específico)	PP5.6 (projeto de aterramento e disposição de para-raiso	PP 6.1 (verificar a capacidade para atender a demanda e a necessidade de poço artesiano)	PP6.2 (definição de capacidade, tipo, de material e posição - subterrâneo ou elevado)	PP6.3 (definição do n° e posição dos pontos de atendimento/ dimensionamento)	PP6.4 (definição do n° e posição dos pontos de atendimento/ dimensionamento)	PP6.5 (dimensionar a rede de esgoto - se necessário projeto de estação de tratamento)	PP 6.6 (dimensionar e posicionar calhas, tubulações de descida)	PP7.1 (execução de sondagem no terreno)	PP7.2 (definição de geometria e tipo de estrutura)	PP7.3 (alvenaria com espessura mínima de 19cm)	PP7.4 (projeto de elementos de concreto)
RF 1.1 (ameniz.ruídos externos) e RF2.4 proporcionar conforto térmico do entorno da edificação)	1	0,5	0,3	0,7	0,7	0,3	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RF 1.2 (amenizar interferência de sons entre ambientes) RF4.2 (propiciar a diversidade de ambientes), RF4.3 (armazenar materiais didáticos) e RF4.4 (exposição trabalhos)	0	1	0,3	0,3	0,3	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RF 1.3 (reduzir a reverberação) e RF3.2.4 evitar ofuscamento por reflexão de superfícies	0,7	0,8	1	0,7	0,7	0	0	0,8	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RF 2.1 (amenizar a radiação solar no edificação como um todo)	0,3	1	0,3	1	0	0,3	0,3	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RF 2.2 (controle de ventilação), RF3.2.1 (possibilitar uso da luz natural de acordo com a função do ambiente) e RF3.2.2 (permitir passagem de luz pelas aberturas)	0,3	0,5	0,3	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RF 2.3(amenizar a radiação solar nos fechamentos transparentes) e RF 3.2.3 (evitar ofuscamento direto)	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RF 3.1 (garantir a iluminação adequada com a função do ambiente)	0,3	0	0	0,3	0,7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RF 4.1 (antender a densidade populacional)	0,3	0,5	0,3	0	0,3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RF 4.5 (relacionar ambientes) e RF 4.6 (permitir acesso de todas pessoas aos ambientes)	0	1	0	0,5	0,5	0	0	0,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RF 5.1 (utilização da energia recebida)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RF 5.2 (iluminação externa adequada)	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0,3	1	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RF 5.3 (iluminação interna adequada)	0	1	0	0	0,1	0,1	1	1	0	0,3	0	1	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,7
RF 5.4 (disponibilidade de tomadas de energia dos ambientes)	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0,3	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0,5	0
RF 5.5 (disponibilidade de tomadas para equipamentos específicos.)	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,3	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0,5	0
RF 5.6 (proteção adequada dos prédios contra descargass elétricas atmosféricas)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0
RF 6.1 (utilizar água fornecida da concessionária)	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RF 6.2 (disponibilidade de reservatório)	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,3	0,3	0	0	0	0,5	0	0,3
RF 6.3 (disponibilidade de água fria)	0	0,7	0	0	0,3	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0,5	1	0	0	0	0	0,3	0,7	0,7
RF 6.4 (disponibilidade de água quente)	0	0,7	0	0	0,3	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0,5	0	1	0	0	0	0,3	0,7	0,7
RF 6.5 (sistema de captação e condução resíduos sólidos e líquidos)	0	0,7	0	0	0,3	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0,3	0	0,7
RF 6.6 (sistema de captação e condução de água pluvial)	0	0	0	0	0,3	0,5	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,3	0	0
RF 7.1 (fundação compatível com o tipo do solo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	1	0	0	0
RF 7.2 (vão livres da irdem de 7,5m	0	0,3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0	0,3	0,5	1	0	0
RF 7.3 (vigas e pilares embutidos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,1	0	0	0,3	0,3	0,3	0	0,5	1	1	1
RF 7.4 (coberturas devem ter lajes maciças)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0,1	0,3	0,5	0,5	0	1

Tab. 4.3.1.2.2. Equações de projeto

RF1.1	PP1.1+0,5PP1.2+0,3PP1.3+0,7PP2.1+0,7PP2.2+0,3PP2.3+0,5PP4.5
RF1.2	PP1.2+0,3PP1.3+0,3PP2.1+0,3PP2.2+0,3PP4.5
RF1.3	0,7PP1.1+0,8PP1.2+PP1.3+0,7PP2.1+0,7PP2.2+0,8PP4.1+0,7PP4.5
RF2.1	0,3PP1.1+PP1.2+0,3PP1.3+PP2.1+0,3PP2.3+0,3PP3.1+0,8PP4,1
RF2.2	0,3PP1.1+0,5PP1.2+0,3PP1.3+PP2.1+PP2.2+PP4.1
RF2.3	PP2.1+PP2.2+PP2.3
RF3.1	0,3PP1.1+0,3PP2.1+0,7PP2.2+PP2.3+PP3.1
RF4.1	0,3PP1.1+0,5 PP1.2+0,3PP1.3+0,3PP2.2+PP4.1
RF4.5	PP1.2+0,5PP2.1+0,5PP2.2+0,5PP4.1+PP4.5
RF5.1	PP5.1+0,5PP5.2+0,5PP5.3+0,5PP5.4+0,5PP5.5
RF5.2	PP1.2+PP3.1+PP4.1+0,3PP5.1+PP5.2+0,3PP5.6
RF5.3	PP1.2+0,1PP2.2+0,1PP2.3+PP3.1+PP4.1+0,3PP5.1+PP5.3+0,5PP7.2+0,7PP7.4
RF5.4	PP1.2+PP4.1+0,3PP5.1+PP5.4+0,3PP5.6+0,1PP6.3+0,1PP6.4+0,5PP7.2+0,5PP7.3
RF5.5	PP1.2+PP4.1+0,3PP5.1+PP5.5+0,3PP5.6+0,1PP6.3+0,1PP6.4+0,5PP7.2+0,5PP7.3
RF5.6	PP2.1+0,3PP5.3+0,3PP5.4+0,3PP5.5+PP5.6+0,7PP7.2
RF6.1	0,7PP1.2+PP6.1
RF6.2	0,7PP1.2+PP6.1+PP6.2+0,3PP6.3+0,3PP6.4+0,5PP7.2+0,3PP7.4
RF6.3	0,7PP1.2+0,3PP2.2+0,7PP4.1+0,7PP6.1+0,5PP6.2+PP6.3+0,3PP7.2+0,7PP7.3+0,7PP7.4
RF6.4	0,7PP1.2+0,3PP2.2+0,7PP4.1+0,7PP6.1+0,5PP6.2+PP6.4+0,3PP7.2+0,7PP7.3+PP7.4
RF6.5	0,7PP1.2+0,3PP2.2+0,3PP4.1+PP6.3+PP6.4+PP6.5+0,3PP7.2+0,7PP7.4
RF6.6	0,3PP2.2+0,5PP2.3+0,3PP4.1+PP6.6+0,3PP7.2
RF7.1	0,3PP6.2+PP7.1
RF7.2	0,3PP1.2+PP4.1+PP4.5+0,1PP6.2+0,1PP6.3+0,1PP6.4+0,3PP6.6+0,5PP7.1+PP7.2
RF7.3	0,3PP5.4+0,3PP5.5+0,1PP5.6+0,3PP6.3+0,3PP6.4+0,3PP6.5+0,5PP7.1+PP7.2+PP7.3+PP7.4
RF7.4	PP3.1+0,3PP6.2+0,1PP6.5+0,3PP6.6+0,5PP7.1+0,5PP7.2+PP7.4

Para facilitar o desenvolvimento do fluxograma, os alunos foram orientados à inicialmente descartarem parâmetros com pouca influencia no requisito funcional, pois, poderiam depois indicar restrições nestes parâmetros de modo que se pudessem controlar estas pequenas influências. Assim as equações de projeto simplificadas são visualizadas na tabela 4.3.1.2.3. e a matriz simplificada na tabela 4.3.1.2.4.

Tab 4.3.1.2.3. Equações de projeto simplificadas.

RF1.1	PP1.1+0,5PP1.2+0,7PP2.1+0,7PP2.2+0,5PP4.5
RF1.2	PP1.2
RF1.3	0,7PP1.1+0,8PP1.2+PP1.3+0,7PP2.1+0,7PP2.2+0,8PP4.1+0,7PP4.5
RF2.1	PP1.2+PP2.1+0,8PP4,1
RF2.2	0,5PP1.2+PP2.1+PP2.2+PP4.1
RF2.3	PP2.1+PP2.2+PP2.3
RF3.1	0,7PP2.2+PP2.3+PP3.1
RF4.1	0,5 PP1.2+PP4.1
RF4.5	PP1.2+0,5PP2.1+0,5PP2.2+0,5PP4.1+PP4.5
RF5.1	PP5.1+0,5PP5.2+0,5PP5.3+0,5PP5.4+0,5PP5.5
RF5.2	PP1.2+PP3.1+PP4.1+PP5.2
RF5.3	PP1.2+PP3.1+PP4.1+PP5.3+0,5PP7.2+0,7PP7.4
RF5.4	PP1.2+PP4.1+PP5.4+0,5PP7.2+0,5PP7.3
RF5.5	PP1.2+PP4.1+PP5.5+0,5PP7.2+0,5PP7.3
RF5.6	PP2.1+PP5.6+0,7PP7.2
RF6.1	0,7PP1.2+PP6.1
RF6.2	0,7PP1.2+PP6.1+PP6.2+0,5PP7.2+0,3PP7.4
RF6.3	0,7PP1.2+0,7PP4.1+0,7PP6.1+0,5PP6.2+PP6.3+0,7PP7.3+0,7PP7.4
RF6.4	0,7PP1.2+0,7PP4.1+0,7PP6.1+0,5PP6.2+PP6.4+0,7PP7.3+PP7.4
RF6.5	0,7PP1.2+PP6.3+PP6.4+PP6.5+0,7PP7.4
RF6.6	0,5PP2.3+PP6.6
RF7.1	PP7.1
RF7.2	PP4.1+PP4.5+0,5PP7.1+PP7.2
RF7.3	0,5PP7.1+PP7.2+PP7.3+PP7.4
RF7.4	PP3.1+0,5PP7.1+0,5PP7.2+PP7.4

Tab. 4.3.1.2.4. Matriz de projeto simplificada e realizada pelos alunos

	PP1.1 (estudo acústico do local de implantação) e PP2.4 (elementos de proteção e construção do entorno)	PP1.2 (classificação acústica das atividades e agrupamento), PP4.2 (tipos de ambientes), PP4.3 e PP4.4(locais de armazenamento de material didático e exposição de trabalhos)	PP1.3 (tratamento do ambiente, dimensões, formato e materiais) RF3.2.4 (cores)	PP2.1 (estudo da forma e orientação do volume do prédio)	PP2.2 (aberturas), PP3.2.1 (orientação dos ambientes e tipo de abertura-lateral e/ou zenital), PP3.2.2 (tipo de caixilho e materiais transparentes)	RF2.3 (elementos de proteção para radiação solar) e RF 3.2.3 (emprego de anteparos)	PP 3.1 (sistema de iluminação artificial)	PP4.1 (estudo de layout dos ambientes)	PP4.5 (distribuir ambientes e definir fluxos e acessosde usuários), PP4.6 (projeto universal e leis de acessibilidade	PP5.1 (consulta a concessionária e posicionamento do relógio de entrada)	PP5.2 (distribuição de postes, de sensores de chave, dimensionamento de circuitos)	PP5.3 (n ° e disposição de tomadas, posição da chave geral de cada setor, distribuir circuitos)	PP5.4 (n ° e disposição de tomadas, posição da chave geral de cada setor, distribuir circuitos)	PP5.5 (n ° e disposição das tomadas de uso específico)	PP5.6 (projeto de aterramento e disposição de para-raio	PP 6.1 (verificar a capacidade para atender a demanda e a necessidade de poço artesiano)	PP6.2 (definição de capacidade, tipo, de material e posição - subterrâneo ou elevado)	PP6.3 (definição do n° e posição dos pontos de atendimento/ dimensionamento)	PP6.4 (definição do n° e posição dos pontos de atendimento/ dimensionamento)	PP6.5 (dimensionar a rede de esgoto - se necessário projeto de estação de tratamento)	PP 6.6 (dimensionar e posicionar calhas, tubulações de descida)	PP7.1 (execução de sondagem no terreno)	PP7.2 (definição de geometria e tipo de estrutura)	PP7.3 (alvenaria com espessura mínima de 19cm)	PP7.4 (projeto de elementos de concreto)	SOMA
RF 1.1 (ameniz.ruídos externos) e RF2.4 proporcionar conforto térmico do entorno da edificação)	1	0,5	0	0,7	0,7	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,4
RF 1.2 (amenizar interferência de sons entre ambientes) RF4.2 (propiciar a diversidade de ambientes), RF4.3 (armazenar materiais didáticos) e RF4.4 (exposição trabalhos)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
RF 1.3 (reduzir a reverberação) e RF3.2.4 evitar ofuscamento por reflexão de superfícies	0,7	0,8	1	0,7	0,7	0	0	0,8	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,4
RF 2.1 (amenizar a radiação solar no edificação como um todo)	0	1	0	1	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8
RF 2.2 (controle de ventilação), RF3.2.1 (possibilitar uso da luz natural de acordo com a função do ambiente) e RF3.2.2 (permitir passagem de luz pelas aberturas)	0	0,5	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5
RF 2.3(amenizar a radiação solar nos fechamentos transparentes) e RF 3.2.3 (evitar ofuscamento direto)	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
RF 3.1 (garantir a iluminação adequada com a função do ambiente)	0	0	0	0	0,7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,7
RF 4.1 (antender a densidade populacional)	0	0,5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5
RF 4.5 (relacionar ambientes) e RF 4.6 (permitir acesso de todas pessoas aos ambientes)	0	1	0	0,5	0,5	0	0	0,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5
RF 5.1 (utilização da energia recebida)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
RF 5.2 (iluminação externa adequada)	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
RF 5.3 (iluminação interna adequada)	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0,7	5,2
RF 5.4 (disponibilidade de tomadas de energia dos ambientes)	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	4
RF 5.5 (disponibilidade de tomadas para equipamentos específicos.)	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	4
RF 5.6 (proteção adequada dos prédios contra descargass elétricas atmosféricas)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	2,7
RF 6.1 (utilizar água fornecida da concessionária)	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,7
RF 6.2 (disponibilidade de reservatório)	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0,3	3,5
RF 6.3 (disponibilidade de água fria)	0	0,7	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0,5	1	0	0	0	0	0	0	0,7	0,7	5
RF 6.4 (disponibilidade de água quente)	0	0,7	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0,5	0	1	0	0	0	0	0	0,7	0,7	5
RF 6.5 (sistema de captação e condução resíduos sólidos e líquidos)	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0,7	4,4
RF 6.6 (sistema de captação e condução de água pluvial)	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1,5
RF 7.1 (fundação compatível com o tipo do solo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
RF 7.2 (vão livres da irdem de 7,5m	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	0	0	0	3,5
RF 7.3 (vigas e pilares embutidos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	1	1	3,5
RF 7.4 (coberturas devem ter lajes maciças)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	1	3
SOMA	1,7	12,8	1	5,9	4,6	2,5	4	10,5	3,2	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1	3,4	2	2	2	1	1	2,5	5,2	3,4	5,1	

Na matriz de projeto simplificada, tabela 4.3.1.2.4., os alunos foram orientados a realizarem as somas nas colunas para verificarem a influência dos parâmetros de projeto, isto é, o parâmetro com valor maior influência mais funções e, provavelmente, deveria ser o primeiro a ser realizado, como é o caso do PP1.2 e PP4.1. Também foram orientados a realizarem as somas nas linhas, neste caso, os menores valores demonstram que os requisitos funcionais são pouco influenciados por outros parâmetros, e poderiam também indicar que estas funções poderiam ser as primeiras a serem desenvolvidas, como é o caso das RF1.2, RF7.1,RF4.1,RF6.1, porém é necessário verificar a que se refere um valor maior que 1, por exemplo, a soma da linha do RF6.6 possui um valor baixo (1.5) que indica a influência do seu próprio parâmetro controlador (PP6.6) e também do PP2.3.

Observa-se nas tabelas 4.3.1.2.3 e 4.3.1.2.4 que, na visão dos alunos, o RF1.2 (amenizar interferência de sons entre ambientes através da classificação acústica das atividades e agrupamento e propiciar a diversidade de ambientes através da definição de tipos de ambientes) e o RF7.1 (fundação compatível com o tipo de solo através da execução da sondagem do terreno); podem ser realizados em paralelo, pois, não possuem influencia grande de outros parâmetros.

Após a definição do módulo 1.2 (M.1.2) pode-se realizar em paralelo M.6.1(utilizar a água fornecida da concessionária / verificar a capacidade para atender a demanda e a necessidade de poço artesiano) e o M.4.1 (atender a densidade populacional / layout dos ambientes).

A partir da definição do M.4.1 segue-se com o M.2.1 (amenizar a radiação solar do edifício como um todo / estudo da forma e orientação do prédio) e na seqüência o M.2.2 (controle de ventilação / definição das aberturas, possibilitar uso da luz natural de acordo com a função do ambiente / orientação dos ambientes e tipo de abertura e permitir passagem de luz pelas aberturas/ tipo de caixilho e materiais transparentes).

A figura 4.3.1.2.9 mostra todo o fluxo de informações de projeto e a influência de um módulo no outro. Nesta organização feita pelos alunos observa-se que:

- os módulos referentes a aspectos de conforto não são realizados em blocos, isto é, não se desenvolve, por exemplo, todos os módulos de funcionalidade para depois desenvolver os de conforto térmico.
- os módulos das equipes de conforto influenciam os módulos “técnicos” de estrutura, hidráulica e elétrica. Esta concepção dos alunos foi observada em alguns comentários do tipo “temos que esperar as decisões das outras equipes para iniciar nosso trabalho” ou “faz o que quiserem que depois nós resolvemos a nossa parte”.
- a importância dada a alguns aspectos de acústica (agrupamento e classificação), térmica (forma e orientação do volume do prédio) e visual (aberturas) foi tão grande que a distribuição de ambientes e fluxos só pode ser feita após estas definições.
- os módulos de estrutura influenciam a maioria dos módulos de elétrica e hidráulica.

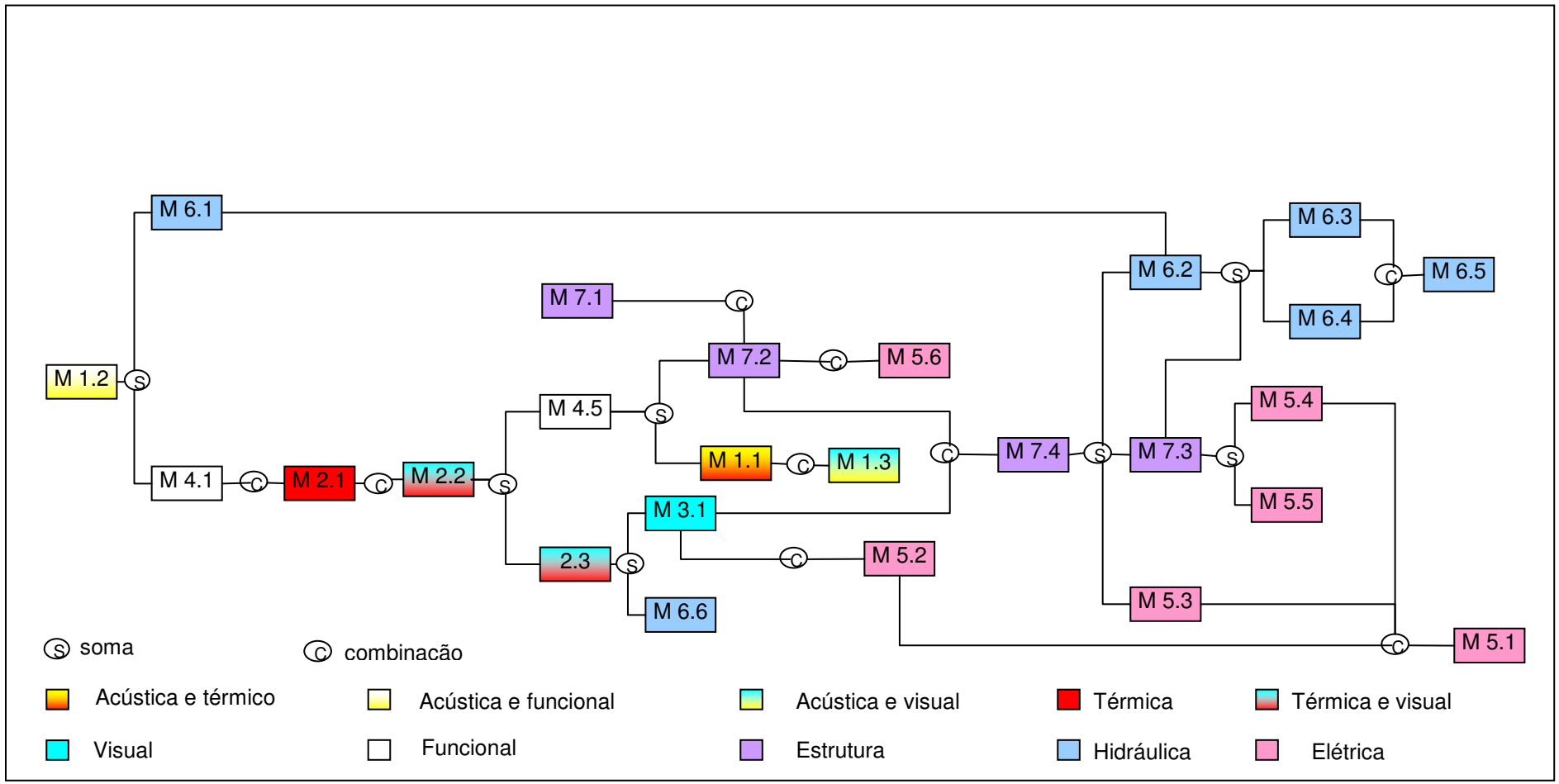


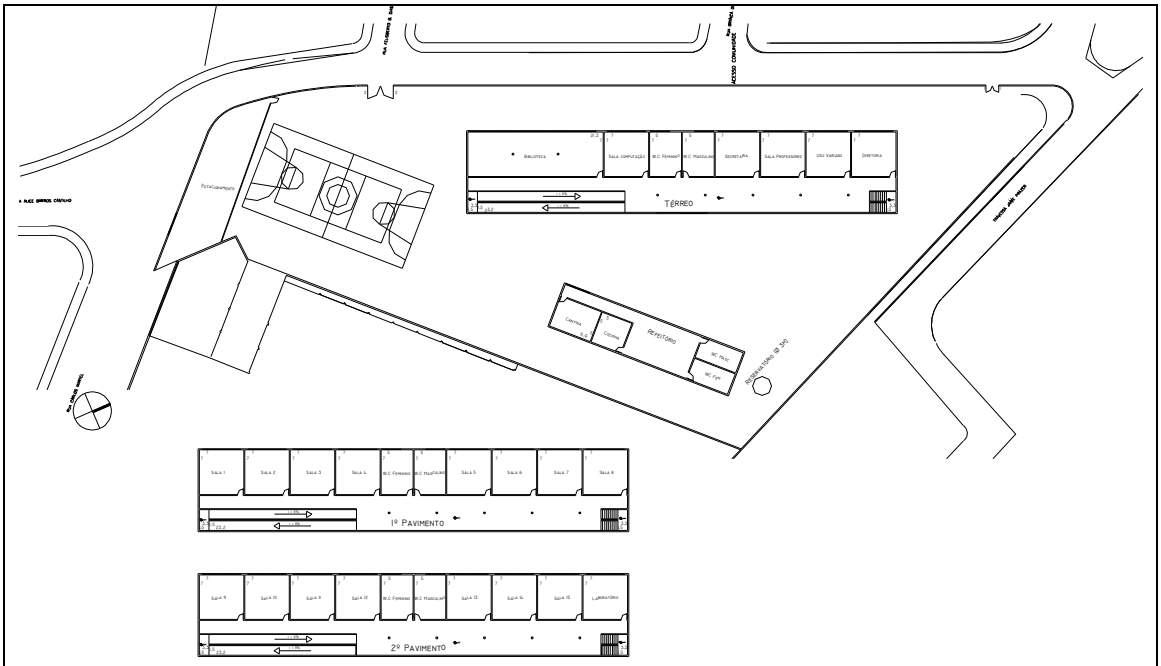
Fig. 4.3.1.2.9 Diagrama de fluxo de projeto

Na aula 9 ainda foram apresentados os exemplos de soluções de aspectos de conforto térmico, acústico e visual elaborados no capítulo 5.

Na aula 10 os alunos indicaram as restrições e diretrizes de projeto para o desenvolvimento de três estudos preliminares. Na **acústica** indicaram como restrição a localização da área recreativa na frente das janelas, envolta pelo prédio e/ou entre salas cobertas. Na **estrutura** as restrições foram vãos máximos de 7,50 m, pé direito mínimo de 3,50 m. Na **hidráulica** as diretrizes foram locar banheiros próximos e na mesma prumada entre andares. No conforto **térmico** as diretrizes foram: a orientação das janelas das salas de aulas para norte, nordeste ou noroeste, para receber quantidades mínimas de incidências solar; utilizar telhas de baixa condutibilidade térmica, caso sejam utilizadas telhas metálicas, utilizar telhas com proteção térmica; distribuições homogêneas das salas de aulas para melhor ventilação dos ambientes; uso de janelas com sistemas basculantes nas salas de aulas, para controle de ventilação e uso de alvenarias cerâmicas, pois tem baixa condutividade térmica.

0bserva-se que algumas diretrizes de conforto térmico como orientação de janelas e todas as restrições de acústica se basearam nos exemplos de soluções descritos no capítulo 5. No conforto visual não foi feita nenhum tipo de restrição ou diretriz, isto pode ter ocorrido, pois, os módulos de conforto visual relacionados à iluminação natural foram incorporados ou unidos aos módulos de funcionalidade e conforto térmico.

A partir deste momento (aulas 11, 12, 13,14 e 15) foram desenvolvidos nos laboratórios de informática três estudos (apresentados em implantações em escala de 1:200) o fechamento deste trabalho foi apresentado na aula 16. Nas figuras 4.3.1.2.10 , 4.3.1.2.11 e 4.3.1.2.12 visualizam-se os três estudos.



No Pavimento Térreo têm-se os seguintes ambientes:
Administração: Diretoria, Secretaria, Sala dos professores, Sanitários administrativos, Sala de uso variado, Sala de Computação e Biblioteca.
Todos os ambientes estão com as janelas voltadas para o noroeste. As aberturas das portas dos ambientes encontram-se na mesma área de circulação. A área desportiva: quadra de esportes está no pavimento térreo, porém na área externa do prédio.
No Primeiro Pavimento têm-se os seguintes ambientes:
Pedagógico: Oito salas de aula e sanitários para os alunos.
Todos os ambientes estão com as janelas voltadas para o noroeste. Todos os ambientes estão com as portas voltadas para a mesma área de circulação.
No Segundo Pavimento tem-se os seguintes ambientes
Pedagógico: Sete salas de aula, um laboratório e sanitários para os alunos.
Todos os ambientes estão com as janelas voltadas para o noroeste. Todos os ambientes estão com as portas voltadas para a mesma área de circulação.
Prédio externo (refeitório)
Uma cozinha, uma cantina, ambiente com mesas para uso dos alunos e sanitários.
Janelas voltadas para sudoeste.
Circulações:
A escola possui uma grande área de circulação nos três pavimentos para o acesso a todos os ambientes. Para a circulação vertical de um pavimento ao outro, a escola possui escadas de acesso e rampas retas com declividade de 8%. A escola possui dois portões de entrada, os dois estão na rua principal.
Tabelas:

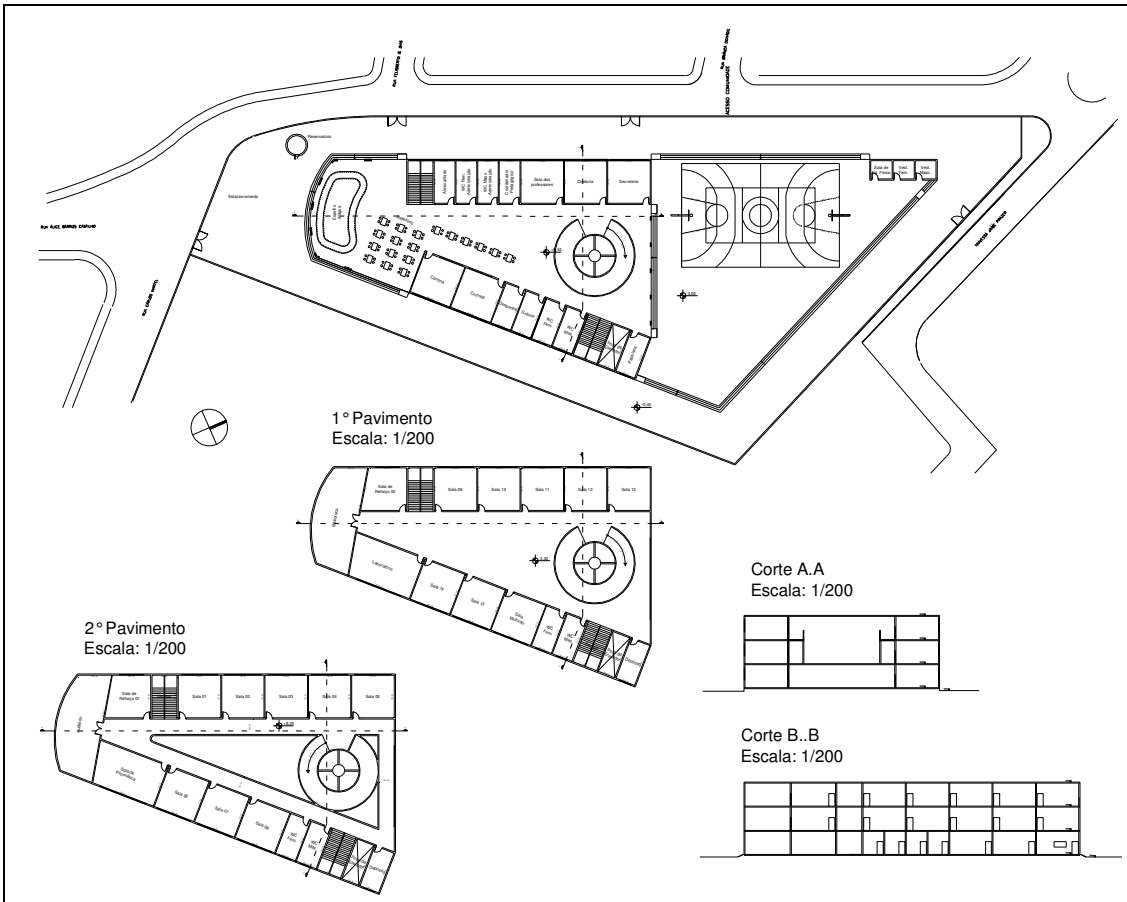
Pavimento Térreo	
Ambientes	m^2
Secretaria	49,00
Diretoria	49,00
Sala dos Professores	49,00
Uso variado	49,00
Sala computação	49,00
Biblioteca	149,10
Sanitário Feminino	35,00
Sanitário Masculino	35,00

Primeiro Pavimento	
Ambientes	m^2
Salas de Aula	49,00
Sanitário Feminino	35,00
Sanitário Masculino	35,00

Segundo Pavimento	
Ambientes	m^2
Salas de Aula	49,00
Laboratório	49,00
Sanitário Feminino	35,00
Sanitário Masculino	35,00

Prédio externo (refeitório)	
Ambientes	m^2
Cantina	34,50
Cozinha	25,00
Sanitário Feminino	33,81
Sanitário Masculino	33,81

Fig. 4.3.1.2.10 Estudo preliminar 1



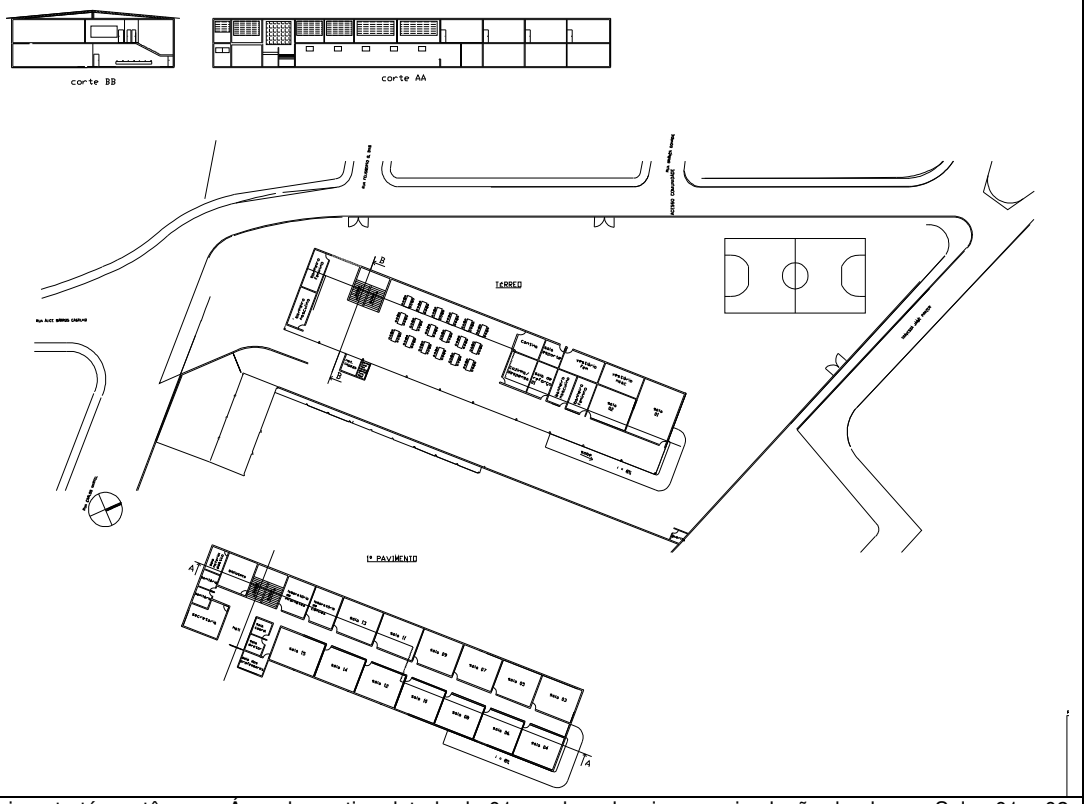
No Pavimento Térreo tem-se: Administração: Diretoria, Secretaria, Almoxarifado, Coordenador pedagógico, Sala dos professores, Sanitários administrativos. Vivência: Cozinha, Despensa, Refeitório, Cantina, Sanitário dos alunos, Grêmio, Papelaria, Depósito de Materiais para Educação Física, Quadra de Esportes e Vestiários. Os ambientes administrativos possuem janelas voltadas para o noroeste. A cozinha, despensa, refeitório, cantina, sanitário dos alunos, grêmio e papelaria possuem janelas para sudeste. As aberturas das portas dos ambientes encontram-se na mesma área de circulação. A área desportiva: quadra de esportes, o depósito de materiais para Educação Física e os vestiários estão na área externa. No Primeiro Pavimento têm-se: Pedagógico: Sete Salas de aula, Uma Sala de reforço, Laboratório, Sala Multiuso, Depósito e Biblioteca. Sanitário dos alunos. Há cinco salas de aula e a sala de reforço com janelas voltadas para o noroeste. Duas salas de aula, o laboratório, a sala de multiuso, os sanitários dos alunos e o depósito com as janelas voltadas para o sudeste. A biblioteca possui as janelas voltadas para o sudoeste.
No Segundo Pavimento tem-se: Pedagógico: Oito Salas de aula, Uma Sala de Reforço, Sala de Informática, Depósito e Auditório. Sanitários dos alunos. Cinco salas de aula possuem janelas orientadas para noroeste, assim como a sala de reforço. As demais três salas de aulas estão com as janelas voltadas para o sudeste, além da sala de informática e os sanitários dos alunos. O auditório está na face sudoeste do empreendimento. Circulações: A escola possui uma grande área de circulação horizontal nos três pavimentos para o acesso a todos os ambientes. Para a circulação vertical de um pavimento ao outro, a escola possui duas escadas de acesso e uma rampa circular. A escola possui quatro portões de entrada. Dois portões na rua principal. Um para o estacionamento. Um pela travessa lateral.

Pavimento Térreo	
Ambientes	m^2
Secretaria	49,00
Diretoria	49,00
Sala dos Professores	49,00
Coordenador Pedagógico	23,98
Sanitário da Administração	23,98
Almoxarifado	23,98
Cantina	49,00
Cozinha	49,00
Despensa	23,98
Grêmio	23,98
Sanitário dos Alunos (Masc. e Fem.)	24,50
Papelaria	23,10
Depósito de Materiais de Ed. Física	10,50
Vestuário Masculino	10,50
Vestuário Feminino	10,50

Primeiro Pavimento	
Ambientes	m^2
Salas de Aula	49,00
Sala de Reforço	48,66
Laboratório	79,46
Biblioteca	113,91
Sanitários dos alunos (Masc. e Fem.)	24,50
Depósito	24,50

Segundo Pavimento	
Ambientes	m^2
Salas de Aula	49,00
Sala de Reforço	48,66
Sala de Informática	79,46
Auditório	113,91
Sanitários dos alunos	24,50
Depósito	24,50

Fig. 4.3.1.2.11 Estudo preliminar 2



No pavimento térreo têm-se: Área desportiva dotada de 01 quadra e locais para circulação de alunos; Salas 01 e 02 (grandes) destinadas a aulas especiais, duas salas de reforço, cozinha/despensa e uma área com mesas destinada à alimentação, que se encontram com as aberturas dos caixilhos voltadas à sudeste e com circulação sob uma marquise de 5m; Na face noroeste temos aberturas de caixilhos de uma das salas especiais, a cantina, dois vestiários e duas salas de esporte, as quais fornecem acesso direto à área livre de circulação do local de esportes;
Dois banheiros se encontram do lado oposto às salas existentes no pavimento térreo, cujas aberturas de janela estão voltadas uma para sudeste e outra para noroeste;
Encontram-se também neste pavimento uma sala destinada a materiais de limpeza, dois pequenos sanitários para os funcionários da manutenção e limpeza, a rampa de acesso para portadores de necessidades especiais que é descoberta. Observa-se uma guarita e a escada de acesso ao primeiro pavimento;
No primeiro pavimento têm-se: Voltados para a face noroeste janelas de seis salas de aula, um laboratório de ciências e um de informática, a iluminação e ventilação da escada, da biblioteca e da sala de material didático;
A sudoeste tem-se a abertura dos dois sanitários existentes no primeiro pavimento; com aberturas de caixilhos direcionadas para a face sudeste, nesse pavimento, estão dispostas a secretaria, um hall de ligação com as salas de coordenação, direção e professores e ainda sete salas de aula; as aberturas de portas estão voltadas para um corredor amplo que, de um lado, dá acesso à rampa e, do outro, à escada citada anteriormente. Ambos os acessos levam os alunos de um pavimento ao outro; a escola possui dois portões de entrada pela rua principal e um pela travessa lateral existente.

Fig. 4.3.1.2.12 Estudo preliminar 3

Os pontos positivos e negativos de cada estudo foram apresentados na tabela 4.3.1.2.5.e as explicações dos alunos, para esta avaliação, foram:

1- Conforto funcional

Acessos e fluxos: estudo preliminar 2 avaliado como ótimo, pois sua forma triangular facilita os acessos e fluxos.

Rampa: estudo preliminar 1 e 2 avaliados como bom pela localização da rampa, o estudo preliminar 3 foi avaliado como regular, pois a rampa encontra-se descoberta.

Relacionamento entre os ambientes: estudo preliminar 2 avaliado como ótimo, pois sua forma triangular facilita a proximidade entre ambientes, possui sanitários próximos as salas de aula, duas escadas localizadas em cada lado da escola e rampa de acessibilidade, facilitando os acesso dos alunos para as salas de aulas, no estudo preliminar 3, avaliado como bom, os sanitários estão do lado oposto as salas existentes e no piso térreo.

Layout dos ambientes: todos os estudos foram avaliados como bom, pois se utilizou a padronização da FDE

Acesso a sanitários/lanchonete: estudo preliminar 1 e 2 foram avaliados como ótimo, pois todos os andares possuem sanitários e a lanchonete fica no térreo, estudo preliminar 3, avaliado como bom, pois os sanitários encontram-se no térreo do lado oposto as salas de aula.

2- Conforto acústico

Definição do tipo de ambiente: todos os estudos foram avaliados como bom.

Disposição dos ambientes para amenizar os ruídos: estudo preliminar 1e 3 avaliados como bom, pois a quadra de esporte fica distante das salas de aula. Estudo preliminar 2 avaliado como ótimo, pois, além da quadra estar distante também se encontra em nível abaixo das salas de aula.

3-Conforto térmico

Disposição dos ambientes para amenizar incidência de raios solar: todos os estudos se preocuparam com a disposição do projeto arquitetônico com relação ao sol.

Circulação de ar entre os ambientes: os estudos preliminares 1 e 2 foram avaliados como bom, pois há possibilidade de ventilação cruzada.

4- Conforto Visual

Análise das aberturas: o estudo preliminar 2 teve avaliação boa, pois, o vão central permite a passagem de luz natural nos corredores e nas salas de aula, se necessário, através de aberturas de janelas das salas de aula para este vão.

5- Hidráulica, elétrica e estrutura

Em todos os estudos preliminares os itens de hidráulica, elétrica e estrutura foram avaliados como bom, pois todos viabilizam os projetos e seguem as restrições impostas.

Tab. 4.3.1.2.5 Avaliação dos três estudos

		Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3
Funcionalidade	Acessos e fluxos	Bom	Ótimo	Bom
	Rampa de acesso a deficientes	Bom	Bom	Regular
	Relacionamento entre os ambientes	Bom	Ótimo	Bom
	Definição de lay-out	Bom	Bom	Bom
	Acesso a sanitários/lanchonete	Bom	Bom	Regular
Acústico	Definição de tipos de ambientes	Bom	Bom	Bom
	Disposição de ambientes para amenizar ruídos	Bom	Ótimo	Bom
Térmico	Disposição de ambientes para amenizar incidência de raios solares	Bom	Bom	Bom
	Circulação de ar entre os ambientes	Bom	Bom	Regular
Visual	Análise de aberturas	Regular	Bom	Regular
Hidráulica	Prumada dos sanitários	Bom	Bom	Bom
	Distância entre bocais onde existem tubulações	Ótimo	Ótimo	Ótimo
Estrutura	Vãos livres de até 7,5m	Bom	Bom	Bom
	Pé direito mínimo 3,5m de altura - relacionado a rampa	Bom	Bom	Bom

Observa-se na explicação dos alunos o uso de exemplos de soluções para a avaliação de conforto térmico (uso de ventilação cruzada citada na análise dos estudos preliminares 1 e 2), e conforto visual (a possibilidade de aberturas em duas paredes citada na análise do estudo preliminar 2).

A avaliação realizada pelos alunos mostra que para a implantação de projeto (estudo preliminar) os itens que permitem escolha de um estudo para detalhamento se referem à: funcionalidade (acessos e fluxos, rampas para deficientes, relacionamento entre ambientes e acesso a lanchonete e sanitários), ao conforto acústico (disposição de ambientes para amenizar ruídos), ao conforto térmico (circulação de ar entre ambientes) e ao conforto visual (análise das aberturas). Após todo este processo os alunos escolheram o estudo preliminar 2.

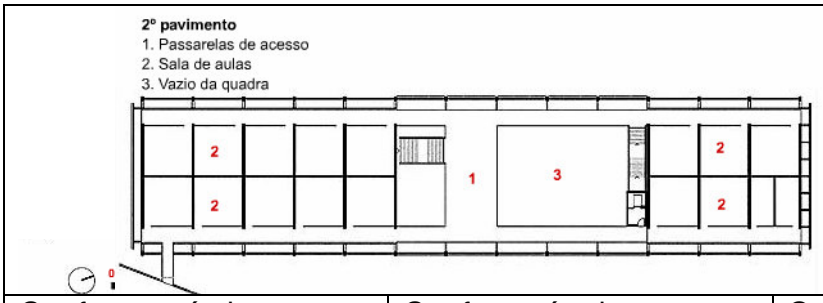
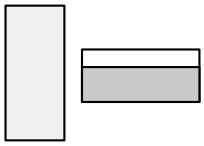
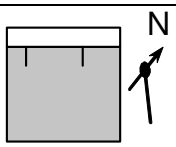
4.3.2 Avaliação da aplicação de exemplos simplificados e da metodologia de projeto.

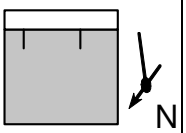
A avaliação da aplicação considerou a análise comparativa de aspectos de conforto ambiental (térmico, acústico e visual) do projeto existente e dos três estudos preliminares desenvolvidos pelos alunos (seção 6.2.1) e as respostas dos alunos ao questionário de avaliação da componente curricular (seção 6.2.2.).

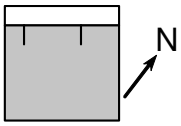
4.3.2.1 Avaliação comparativa dos estudos e do projeto existente.

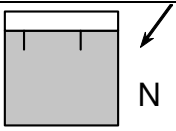
Utilizando-se a metodologia de avaliação descrita em Graça (2002) e atualizada nesta tese, visualizam-se, nas tabelas 4.3.2.1.1, 4.3.2.1.2, 4.3.2.1.3 e 4.3.2.1.4 a avaliação do projeto existente e dos estudos preliminares 1, 2 e 3 respectivamente.

Tab. 4.3.2.1.1 Avaliação projeto existente

<table>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>Conforto acústico</td><td>Conforto térmico</td><td>Conforto visual</td></tr>
<tr><td>Possui área de recreação próxima a um dos cantos do corredor que dá acesso a todas as salas de aula (variável 3) e considerada pelos especialistas com um grau de pertinência (G.P.) de 0,52, o que equivale na escala semântica a bom.</td><td>Possui 7 salas de aula com abertura em parede protegida por corredor e orientação Noroeste (variável 4F). Grau de Pertinência 0,29 na escala semântica próximo de ruim. 7 salas de aula em parede protegida por corredor e orientação Sudeste (variável 4G). Grau de pertinência 0,25 na escala semântica equivale a ruim.</td><td>Possui 7 salas com abertura em parede protegida por corredor e orientação Noroeste (variável 16F). Grau de Pertinência 0,46 na escala semântica próximo de bom. 7 salas de aula em parede protegida por corredor e orientação Sudeste (variável 16G). Grau de pertinência 0,5 na escala semântica equivale a bom.</td></tr>
<tr><td>3  </td><td> 

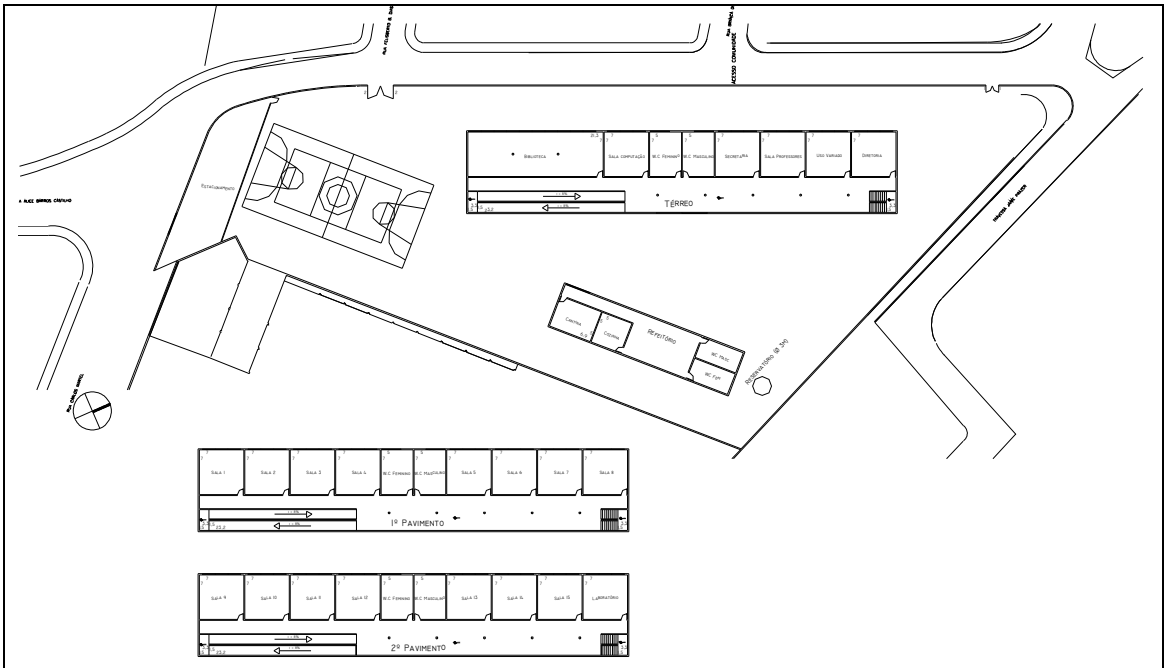
4F 

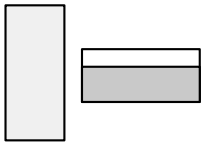
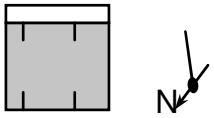
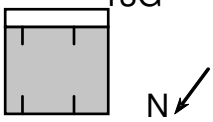
4G</td><td> 

16F 

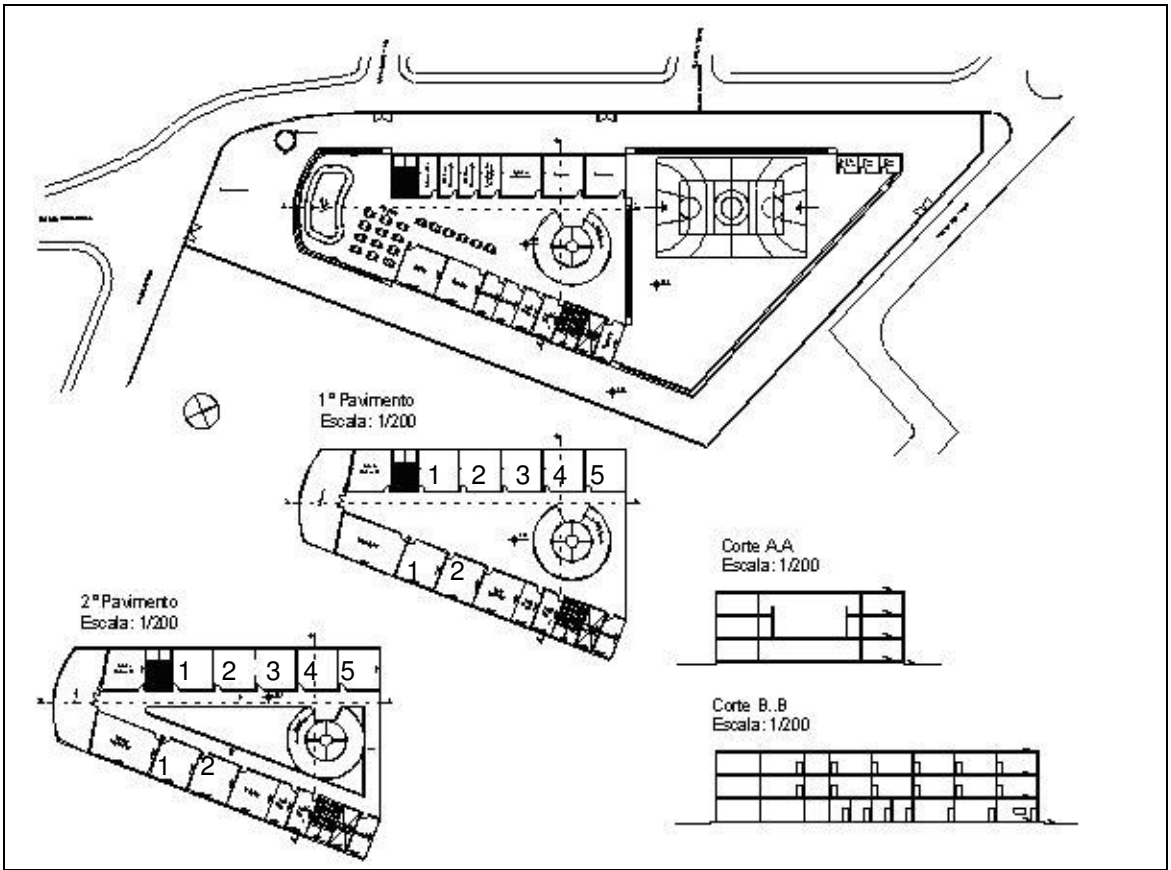
16G</td></tr>
<tr><td>G.P.= 0,52 (na escala semântica bom)</td><td>G.P.= 0,27 (na escala semântica próximo a ruim)
(7*0,21+7*0,20)/14= 0,20</td><td>G.P. = 0,48 (na escala semântica próximo a bom)
(7*0,46+7*0,50)/14 = 0,48</td></tr>
</table>

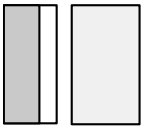
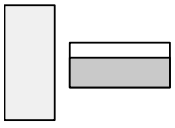
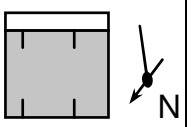
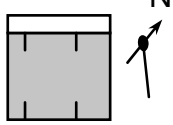
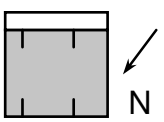
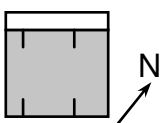
Tab. 4.3.2.1.2 Avaliação do estudo preliminar 1



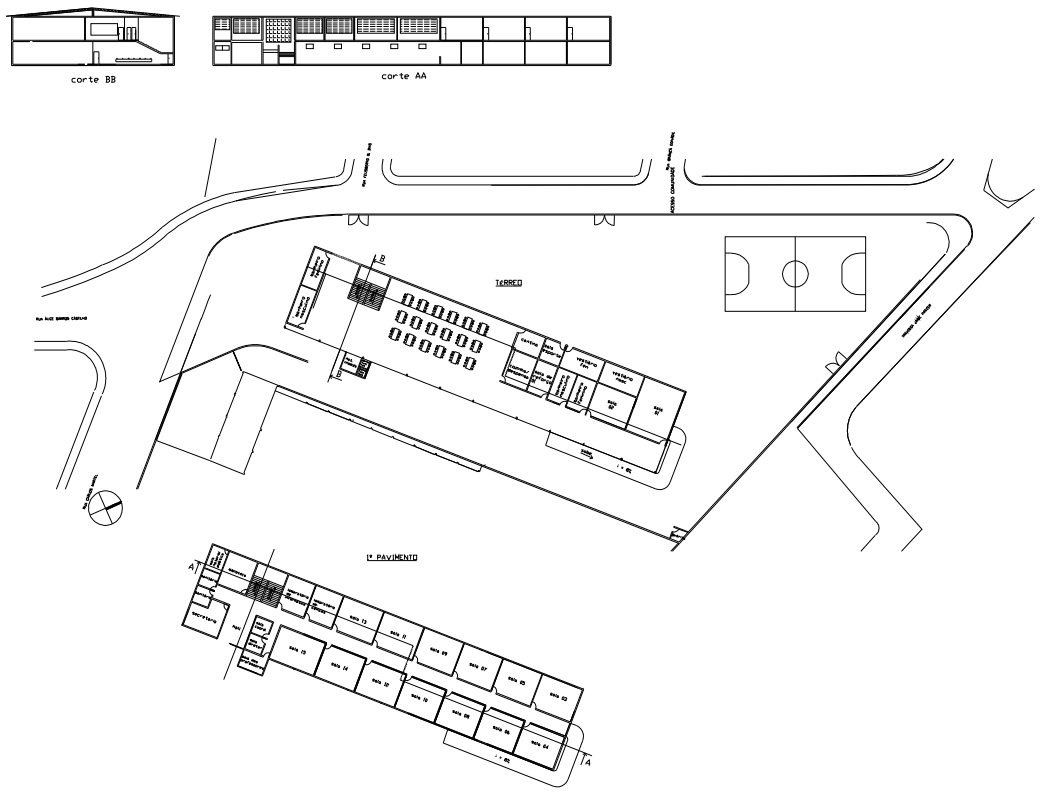
Conforto acústico	Conforto térmico	Conforto visual
Possui área de recreação próxima a um dos cantos do corredor que dá acesso a todas as salas de aula (variável 3)	Possui 14 salas de aula com possibilidade de aberturas em paredes paralelas, sendo uma protegida por corredor e a outra com orientação Noroeste (variável 1G)	Possui 14 salas de aula com possibilidade de aberturas em paredes paralelas, sendo uma protegida por corredor e a outra com orientação Noroeste (variável 13G)
 3	 1 G	 13G
G.P.= 0,52 (na escala semântica bom)	G.P.= 0,46 (na escala semântica próximo a bom)	G.P. = 0,17 (na escala semântica entre péssimo e ruim)

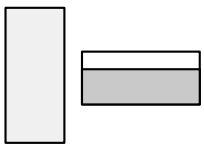
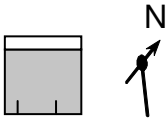
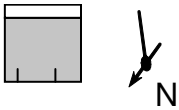
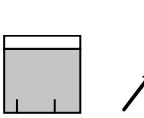
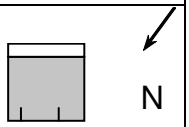
Tab. 4.3.2.1.3 Avaliação do Estudo Preliminar 2



Conforto acústico	Conforto térmico	Conforto visual
Possui área de recreação próxima a um dos cantos do corredor que dá acesso a 10 salas de aula (variável 3) e considerada pelos especialistas com um grau de pertinência (G.P.) de 0,52 Possui área de recreação em frente ao corredor que dá acesso a 4 salas de aula (variável 1) G.P = 0,71	Possui 10 salas de aula com possibilidade de abertura em paredes paralelas e orientação Noroeste (variável 1G) (GP = 0,46) e 4 salas de aula com possibilidade de abertura em paredes paralelas e orientação Sudeste (variável 1F) G.P.=0,71)	Possui 10 salas de aula com possibilidade de abertura em paredes paralelas e orientação Noroeste (variável 13G) (GP = 0,17) e 4 salas de aula com possibilidade de abertura em paredes paralelas e orientação Sudeste (variável 13F) G.P.=0,42)
1  3 	 1G  1F	 13G  13F
G.P.= 0,57 (na escala semântica próximo a bom) (10x0,52 + 4*0,71)/14	G.P.= 0,53 (na escala semântica próximo a bom) (10*0,46+4*0,20)/14= 0,20	G.P. = 0,24 (na escala semântica próximo a ruim) (10*0,17+4*0,46)/14 = 0,24

Tab. 4.3.2.1.4 Avaliação do Estudo Preliminar 3



Conforto acústico	Conforto térmico	Conforto visual
Podem-se considerar : área de recreação do lado oposto ao corredor que dá acesso a 7 salas de aula (variável 2) GP 0,21 e área recreativa em frente ao corredor que dá acesso a sete salas de aula (variável 1) GP=0,71	Possui 7 salas com abertura em parede oposta ao corredor e orientação Noroeste (variável 5F). GP 0,48. E 7 salas com abertura em parede oposta ao corredor e orientação Sudeste (variável 5G). GP 0,17	Possui 7 salas com abertura em parede oposta ao corredor e orientação Noroeste (variável 17F). GP 0,25. E 7 salas com abertura em parede oposta ao corredor e orientação Sudeste (variável 17G). GP 0,17
3 	 5F  5G	 17F  17G
G.P.= 0,46 (na escala semântica próximo a bom) (7*0,21+7*0,71)/14= 0,46	G.P.= 0,33 (na escala semântica próximo a ruim) (7*0,48+7*0,17)/14= 0,33	G.P. = 0,21 (na escala semântica próximo a ruim) (7*0,25+7*0,17)/14 = 0,21

A síntese das avaliações do projeto existente e dos estudos preliminares se visualiza na tabela 4.3.2.1.5. e na figura 4.3.2.1.1

Tab. 4.3.2.1.5 Síntese de avaliação dos estudos preliminares e do projeto existente

	Conforto acústico	Conforto térmico	Conforto visual
Projeto existente	0,52	0,20	0,48
Estudo preliminar 1	0,52	0,46	0,17
Estudo preliminar 2	0,57	0,53	0,24
Estudo preliminar 3	0,46	0,33	0,21

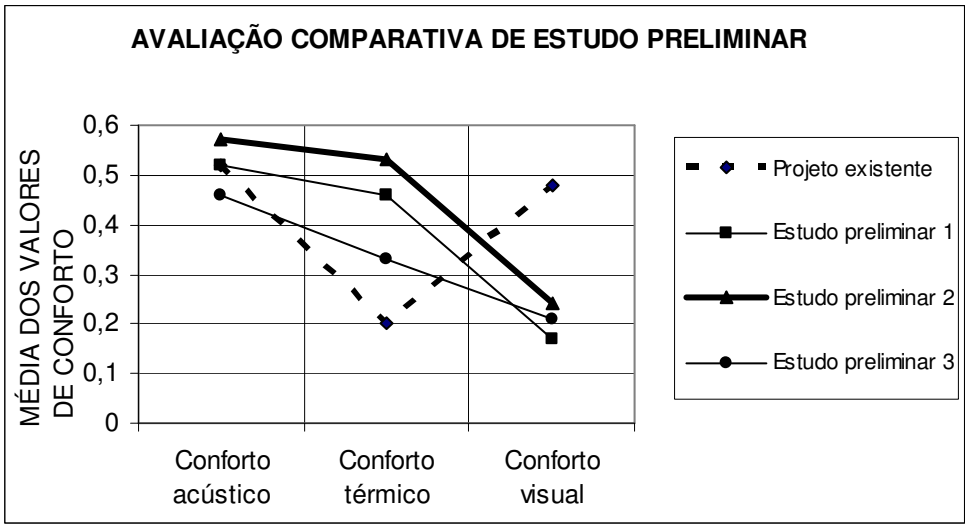


Fig. 4.3.2.1.1 Avaliação de estudos preliminares e do projeto existente.

Ao comparar os estudos preliminares 1, 2 e 3 com o projeto existente pode-se dizer que o projeto existente não é superior a estes estudos, apenas na avaliação de aspectos de conforto visual ele é superior a todos os estudos.

Na descrição do processo de projeto observou-se que os alunos não indicaram restrições de projeto para aspectos de conforto visual, talvez este seja um fato

importante que levou a uma avaliação ruim de todos os estudos preliminares, neste aspecto.

Observa-se que, considerando-se aspectos de conforto térmico, visual e acústico, o estudo preliminar 2 (EP2) é superior aos outros estudos, este fato coincide com a escolha dos alunos. Em relação ao projeto existente ele (EP2) não consegue eliminá-lo, pois, embora seja superior na avaliação de alguns aspectos de conforto térmico e acústico, no conforto visual é inferior. Assim pode-se dizer que o conjunto de projetos ótimos é formado pelo estudo preliminar 2 e o projeto existente.

Deste fato resulta que, com o uso de exemplos e de um processo de projeto sistematizado, foi possível desenvolver estudos preliminares não inferiores ao projeto existente e escolher um estudo através de uma avaliação que inclua aspectos de conforto de conforto ambiental, bem como indicar possíveis falhas no processo de projeto.

4.3.2.2. Avaliação da componente curricular feita pelos alunos

A Avaliação da componente curricular foi realizada, em junho de 2007, através de questionário contendo questões relacionadas à compreensão dos conteúdos. Também foram realizadas questões relativas ao desempenho dos professores que não serão objeto desta pesquisa. O questionário encontra-se no anexo 4. Participaram desta avaliação 21 alunos, na tabulação dos dados foram descartadas as respostas de dois alunos, visto que, haviam mais.de seis questões com a resposta não tenho opinião ou indeciso.

As questões relativas ao conteúdo da disciplina consideraram a importância do uso de exemplos, o entendimento da metodologia de projeto axiomático, a importância da visita técnica e o tempo de elaboração das atividades. Foram elaboradas 19 questões distribuídas da seguinte maneira:

- 4 relativas ao uso de exemplos (questões 2, 9,12 e 17),
- 8 relativas à metodologia de projeto axiomático (questões 1, 4, 5, 7, 11, 14,16 e 19),
- 3 relativas à visita técnica (questões 3,6 e 15),
- 2 relativas ao tempo para organização de trabalhos (questões 10 e 18) e
- 2 que podem ser relacionadas ao uso de exemplos e à metodologia de projeto (questões 8 e 13).

O aluno ao responder a qualquer item do questionário, expressa o seu grau de concordância ou discordância com a afirmação feita em uma escala de cinco pontos: Concordo plenamente (CP), Concordo (C), não tenho opinião ou indeciso (NO), Discordo (D), Discordo totalmente (DT).

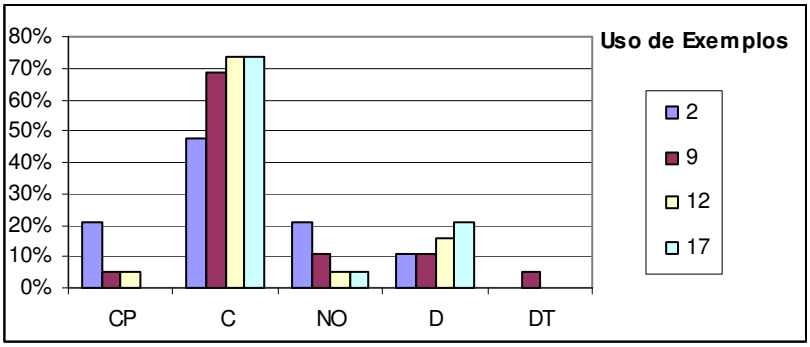
As respostas são quantificadas da seguinte forma: CP > escore 5, C > escore 4, NO > escore 3, D > escore 2, DT >escore 1. Desta maneira, com exceção das respostas das questões 10 e 18 (que tratam do tempo para o desenvolvimento dos trabalhos), o escore 5 está associado a uma opinião positiva do aluno em relação à aquisição da aprendizagem do conteúdo e o escore 1 está associado a uma opinião negativa.

Os resultados visualizam-se nas tabelas 4.3.2.2.1, 4.3.2.2.3, 4.3.2.2.4, 4.3.2.2.5 e 4.3.2.2.6.

Tab. 4.3.2.2.1 Avaliação feita pelos alunos do uso de exemplos de soluções

	5	4	3	2	1	
	CP	C	NO	D	DT	Média das respostas
2- Os exemplos avaliados por especialistas facilitaram a escolha de um estudo preliminar	4	9	4	2		3,79
9- O uso de exemplos (gerais) foi indispensável para a compreensão de conteúdos		15	1	3		3,63
12- Os exemplos avaliados por especialistas direcionaram o desenvolvimento dos estudos preliminares	1	13	2	2	1	3,58
17- Os exemplos avaliados por especialistas mostraram o que não se deve escolher no desenvolvimento dos estudos preliminares.	1	14	1	3		3,68

Legenda:
Concordo plenamente (CP),
Concordo (C),
Não tenho opinião ou indeciso (NO),
Discordo (D),
Discordo totalmente (DT).



Observa-se na tabela 4.3.2.2.1 que a média das respostas demonstra uma opinião positiva dos alunos para o uso de exemplos de soluções:

- 68% concordam ou concordam plenamente que os exemplos de soluções avaliados por especialistas auxiliam a avaliação de projetos (facilitam a escolha de um estudo preliminar);
- 73% concordam ou concordam plenamente que o uso de exemplos (gerais) auxilia na compreensão de conteúdos
- 79% concordam ou concordam plenamente que os exemplos de solução podem fornecer diretrizes para o projeto (direcionaram o desenvolvimento dos estudos preliminares)
- 74% concordam ou concordam plenamente que os exemplos de soluções podem indicar restrições ao projeto (mostraram o que não se deve escolher no desenvolvimento dos estudos preliminares).

Para avaliar a metodologia de projeto axiomático, considerou-se a revisão da Taxionomia dos Objetivos Educacionais de Bloom. No domínio cognitivo existem seis níveis de objetivos educacionais descritos na tabela 4.3.2.2.2 (BLOOM,1973; Anderson et al, 2001; Forehand, M. 2005; Waal P e Telles M. A, 2004).

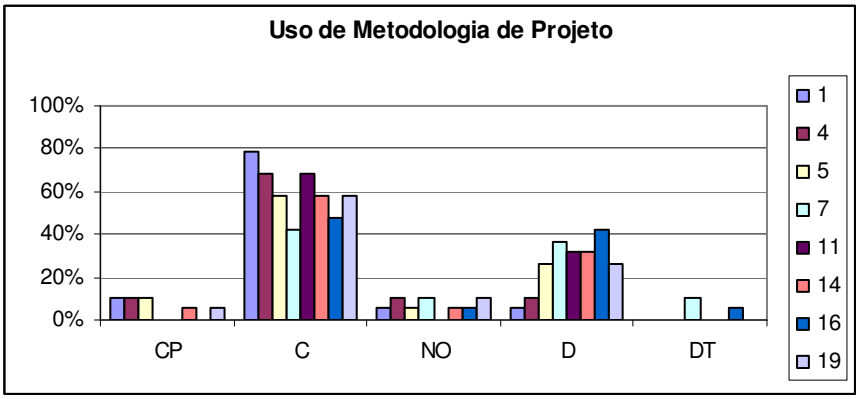
Tab. 4.3.2.2.2 Base conceitual das perguntas sobre aplicação da metodologia baseado em ANDERSON et al, (2001) e WAAL P.e TELLES M. A (2004).

Taxonomia de BLOOM		Taxonomia revisada	
Nível/objetivos	verbos	Nível	verbos
1- conhecimento: lembrar ou recuperar informações sobre o material de aprendizagem.	definir, descrever, distinguir, identificar, rotular, listar, memorizar, ordenar, reconhecer, reproduzir	1- Lembrança: recuperar ou reorganizar o conhecimento da memória para produzir definições, fatos, listas do material.	reconhecer, recordar
2- compreensão: entender a informação ou o fato, captar seu significado, utilizá-la em contextos diferentes.	classificar, converter, descrever, discutir, explicar, generalizar, identificar, inferir, interpretar, prever, reconhecer, redefinir, selecionar, situar, traduzir etc.	2-compreender: construir significado para diferentes de funções	classificar, comparar, exemplificar, explicar, inferir, interpretar, resumir.
3- Aplicação: aplicar o conhecimento em situações novas e concretas	aplicar, construir, demonstrar, empregar, esboçar, escolher, escrever, ilustrar, interpretar, operar, praticar, preparar, programar, resolver, usar etc.	3-aplicar: transportar ou utilizar um procedimento através da execução ou implementação de algo como modelos, simulações, entrevistas e apresentações.	executar, realizar
4- Analise: identificar as partes e suas inter-relações	analisar, calcular, comparar, discriminar, distinguir, examinar, experimentar, testar, esquematizar, questionar	4-analisar: distinguir o material ou conceitos em partes, determinar como as partes se relacionam com outra ou com outra estrutura proposta	atribuir, diferenciar, organizar, distinguir.
5- Síntese: combinar partes não organizadas para formar um todo coerente.	compor, construir, criar, desenvolver, estruturar, formular, modificar, montar, organizar, planejar projetar	5-avaliar: fazer julgamentos baseados em critérios e padrões através de checagem ou critica.	criticar, verificar, recomendar, relatar
6- Avaliação: habilidade de julgar e criticar o valor do material para um certo propósito.	avaliar, criticar, comparar, defender, detectar, escolher, estimar, explicar, julgar, selecionar	6- criar: unir os elementos para formar um todo funcional	Reorganizar,gerar, planejar, produzir

Tab. 4.3.2.2.3 Avaliação feita pelos alunos do uso da metodologia de projeto axiomático

	5	4	3	2	1	
	CP	C	NO	D	DT	Média das respostas
1- O uso da metodologia axiomática permitiu o reconhecimento das interferências dos diversos campos	2	15	1	1		3,95
4- Consigo reconhecer a importância do uso da metodologia de projeto axiomático	2	13	2	2		3,79
5- O uso da metodologia de projeto axiomático permitiu um planejamento do grupo no desenvolvimento do estudo preliminar	2	11	1	5		3,53
7- Consigo explicar a proposta de metodologia de projeto axiomático		8	2	7	2	2,84
11- Consigo utilizar a metodologia de projeto axiomático com um pouco de supervisão		13		6		3,37
14- Consigo analisar a aplicação da metodologia de projeto axiomático e reconhecer pontos que devem ser revistos	1	11	1	6		3,37
16- Consigo planejar e elaborar um projeto com a metodologia de projeto axiomático		9	1	8	1	2,95
19- Consigo justificar e recomendar o uso da metodologia de projeto axiomático	1	11	2	5		3,42

Legenda:
Concordo plenamente (CP),
Concordo (C),
Não tenho opinião ou indeciso (NO),
Discordo (D),
Discordo totalmente (DT).



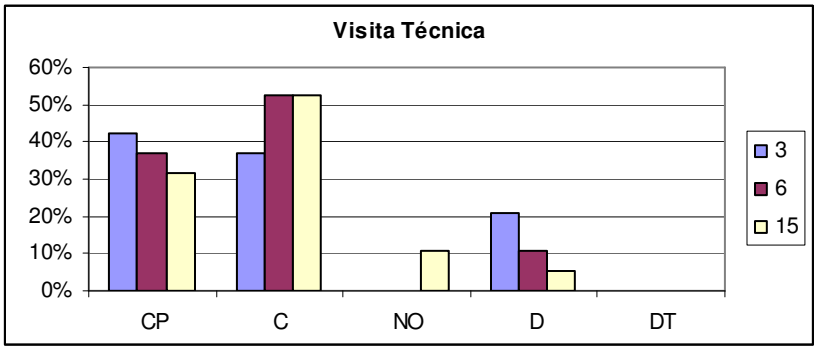
Observa-se na tabela 4.3.2.2.3 que a média das respostas demonstra uma opinião positiva dos alunos para o uso da metodologia de projeto:

- 90% concordam ou concordam plenamente que o uso da metodologia permitiu o reconhecimento das interferências dos diversos campos (nível de conhecimento/lembrança).
- 79% concordam ou concordam plenamente que reconhecem a importância do uso da metodologia de projeto axiomático (nível de conhecimento/lembrança).
- 69% concordam ou concordam plenamente que o uso da metodologia de projeto axiomático permitiu um planejamento do grupo no desenvolvimento do estudo preliminar (nível de conhecimento/lembrança).
- 47% não conseguem explicar a proposta de metodologia de projeto axiomático (nível de compreensão).
-68% concordam ou concordam plenamente que conseguem utilizar a metodologia de projeto axiomático com um pouco de supervisão (nível de aplicação)
- 63% concordam ou concordam plenamente que conseguem analisar a aplicação da metodologia de projeto axiomático e reconhecer pontos que devem ser revistos (nível de avaliação)
-47% não conseguem planejar e elaborar um projeto com a metodologia de projeto axiomático (nível de síntese/criação)
-63% concordam ou concordam plenamente que conseguem justificar e recomendar o uso da metodologia de projeto axiomático (nível de avaliação)

Tab. 4.3.2.2.4 Avaliação feita pelos alunos da visita técnica

	5	4	3	2	1	
	CP	C	NO	D	DT	Média das respostas
3- Os resultados da visita técnica foram utilizados na elaboração dos estudos preliminares	8	7		4		4,00
6- A visita técnica permitiu reconhecer possíveis falhas de projeto	7	10		2		4,16
15- A visita técnica foi fundamental para reconhecer o contexto em que se insere o projeto	6	10	2	1		4,11

Legenda:
Concordo plenamente (CP),
Concordo (C),
Não tenho opinião ou indeciso (NO),
Discordo (D),
Discordo totalmente (DT).



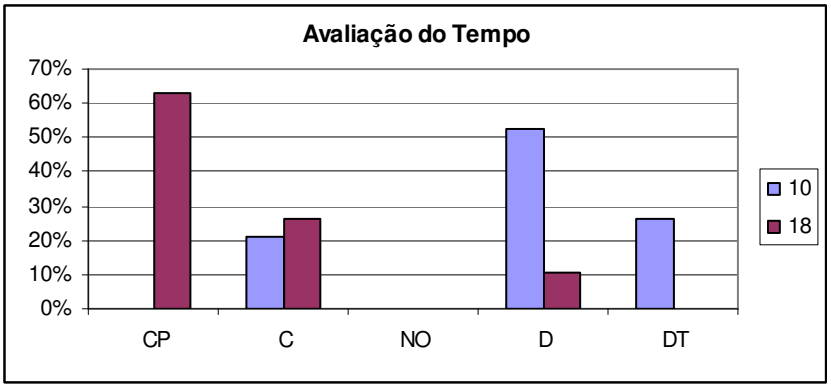
Observa-se na tabela 4.3.2.2.4 que a média das respostas demonstra uma opinião positiva dos alunos da visita técnica:

- 79% concordam ou concordam plenamente que utilizaram os resultados da visita técnica para a elaboração de estudos preliminares
- 89% concordam ou concordam plenamente que foi possível reconhecer falhas de projeto na visita técnica
- 84% concordam ou concordam plenamente que a visita técnica contextualiza o projeto.

Tab. 4.3.2.2.5 Avaliação feita pelos alunos do tempo das atividades

	CP	C	NO	D	DT	Média das respostas
10- Considero que o tempo foi suficiente para elaboração dos trabalhos		4		10	5	
Escore das respostas	5	4	3	2	1	2,16
18- Acredito que os trabalhos sairiam melhores se houvesse mais tempo	12	5		2		
Escore das respostas	1	2	3	4	5	1,47

Legenda:
Concordo plenamente (CP),
Concordo (C),
Não tenho opinião ou indeciso (NO),
Discordo (D),
Discordo totalmente (DT).



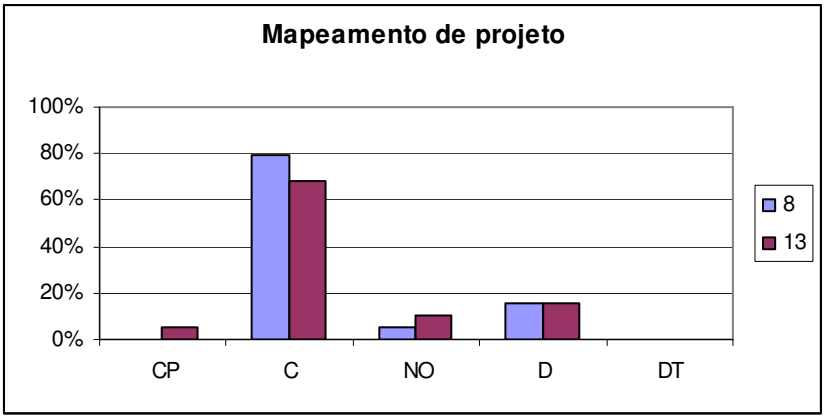
Observa-se na tabela 4.3.2.2.5 que a média das respostas demonstra uma opinião negativa dos alunos do tempo para elaboração das atividades:

- 79% discordam ou discordam plenamente que o tempo foi suficiente para a elaboração dos trabalhos.
- 89% concordam ou concordam plenamente que o trabalho sairia melhor se houvesse mais tempo.

Tab. 4.3.2.2.6 Avaliação feita pelos alunos do mapeamento de projeto

	5	4	3	2	1	
	CP	C	NO	D	DT	Média das respostas
8- O mapeamento apresentado pelos professores direcionou o meu estudo na minha área temática	1	13	2	3		3,63
13- As hierarquias de projeto apresentadas pelos professores facilitaram a compreensão da importância e das definições de cada área temática.		14	1	4		3,53

Legenda:
Concordo plenamente (CP),
Concordo (C),
Não tenho opinião ou indeciso (NO),
Discordo (D),
Discordo totalmente (DT).



Observa-se na tabela 4.3.2.2.6 que a média das respostas demonstra uma opinião positiva dos alunos do mapeamento de projeto:

- 79% concordam que o mapeamento apresentado pelos professores direcionou o estudo na área temática
- 73% concordam ou concordam plenamente que as hierarquias de projeto facilitaram a compreensão da importância e das definições da área temática.

As repostas do questionário demonstram uma opinião positiva dos alunos da implementação de um processo de projeto baseado em exemplos de soluções e em uma metodologia de projeto:

Quanto à avaliação do uso de exemplos simplificados, a maioria dos alunos acredita que os exemplos de soluções auxiliaram na fase de avaliação dos estudos preliminares, na compreensão de conteúdos e forneceram diretrizes e restrições para o desenvolvimento de projeto.

Quanto à avaliação de quanto os alunos acreditam que aprenderam ou quais níveis/ou objetivos educacionais adquiriram com o uso da metodologia, pode-se dizer que:

- a maioria dos alunos adquiriu um nível de conhecimento/lembrança, pois reconhecem a importância do uso da metodologia (processo de projeto).
- a maioria dos alunos adquiriu um nível de aplicação, pois conseguem utilizar a metodologia com um pouco de supervisão.
- a maioria dos alunos adquiriu um nível de avaliação, pois, conseguem analisar a aplicação da metodologia, reconhecer pontos que devem ser revistos e recomendar o seu uso.
- menos da metade dos alunos adquiriu um nível de compreensão, pois a maioria não consegue explicar a proposta de metodologia de projeto axiomático.
- menos da metade dos alunos adquiriu um nível de síntese/criação, pois a maioria não consegue planejar e elaborar um projeto com a metodologia de projeto axiomático.

5-CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa demonstrou a possibilidade de se considerar a avaliação de aspectos de conforto ambiental de configurações de salas de aula através da qualificação de especialistas, e a união de conceitos de conforto ambiental e de outras subáreas que envolvem o projeto de construção civil através da incorporação destes exemplos e da metodologia de projeto axiomático.

A metodologia de avaliação de aspectos de conforto ambiental de configuração de salas de aula (exemplos de soluções) foi elaborada através do uso de estatísticas e considerou três momentos:

- Primeiro, a concordância de todas as respostas de especialistas de cada conforto onde foi possível verificar que com a entrevista de no mínimo três especialistas é possível constatar a concordância das respostas de pelo menos dois, sendo que em alguns casos fez-se necessário a entrevista a um quarto especialista.

- Segundo, foi verificada a qualificação de cada configuração de sala de aula onde foi possível elaborar indicador de qualificação das respostas dos especialistas, possibilitando a definição do tipo de variável e podendo-se neste caso utilizá-la ou não como um exemplo de solução de configuração com desempenho qualificado.

- Terceiro foi elaborado metodologia para tratar as configurações que não tiveram desempenho qualificado, de modo a verificar outros fatores para sua avaliação.

O desenvolvimento desta metodologia pode contribuir em dois momentos no processo de projeto:

- No início do processo de projeto como um método de decisão que auxilia o projetista na escolha de configurações de salas de aula que possuem uma qualificação de desempenho para o conforto térmico, acústico e visual.

- Como um método para avaliação de novas configurações desenvolvidas pelos projetistas.

O processo de projeto que considera o uso de exemplos de soluções e a metodologia de projeto axiomático, para a união de aspectos de conforto ambiental e de outras subáreas que envolvem o projeto de construção civil, foi aplicado em sala de aula, através do desenvolvimento de estudos preliminares para a tipologia escolar e da divisão da turma em cinco equipes ou subáreas (confortos térmico, acústico, visual, funcional e equipe de estrutura, hidráulica e elétrica).

Observou-se na aplicação, que este processo de projeto contribui para a melhoria compreensão das interferências das decisões de projeto, para indicar restrições e para avaliar o projeto.

Os alunos, ao perceberem as interferências das subáreas, puderam organizar as equipes ou etapas de trabalho de modo a evitar retrabalho ou incoerência nas decisões de cada equipe, como por exemplo, a equipe de conforto acústico especificar janelas anti-ruídos (com vidros duplos e sem abertura) e a equipe de conforto térmico especificar janelas tipo basculante para a passagem de ar.

A aplicação ou avaliação dos estudos preliminares demonstrou que os alunos, que neste caso possuíam pouca base conceitual relacionada a aspectos de conforto, de estrutura, de hidráulica e de elétrica, conseguiram desenvolver estudos preliminares em condições de formar parte de um conjunto ótimo de projeto quando comparado ao projeto existente.

No desenvolvimento desta pesquisa verificou-se a possibilidade de novas pesquisas:

- Os exemplos simplificados de projeto foram avaliados por especialistas sendo necessário a averiguação destes resultados através da criação de protótipos, da utilização de medidas físicas e da entrevistas aos usuários das escolas para ratificar ou retificar estas avaliações.

- O desenvolvimento de banco de dados de exemplos de soluções de projeto estruturado pelos aspectos de conforto e avaliado continuamente por especialistas, o que permitirá a inserção de novas variáveis e a consulta dos projetistas.

- O desenvolvimento de um sistema integrado deste banco de dados à computação gráfica (CAD), o que poderá fornecer ao projetista a avaliação “on-line” das variáveis escolhidas facilitando o processo iterativo e a tomada de decisão em projeto.

- Aplicar o processo de projeto baseado nos exemplos de soluções e na metodologia de projeto axiomático em turmas de arquitetura e verificar se este processo prejudica ou auxilia na criatividade e na melhoria de aspectos de conforto ambiental e demais áreas de projeto.

- Elaborar cartilha de uso do método para profissionais prestadores de serviço da Fundação de Desenvolvimento Educacional e verificar se o uso melhora a qualidade de aspectos de conforto ambiental de projetos escolares.

- Desenvolvimento de mapeamento de projeto (requisitos funcionais e parâmetros de projeto) por especialistas de cada área, para que no processo de projeto possa ser verificado se pelo menos estes requisitos funcionais foram considerados.

- O desenvolvimento de pesquisa e banco de dados que associe os parâmetros de projeto implementados aos requisitos funcionais, o que poderá facilitar a escolha de parâmetros de projeto pelo projetista em futuros projetos.

Referências

AMORIM A.E.B. **Formas Geométricas e qualidade acústica de salas de aula**: estudo de caso em Campinas-SP. 2002.235p. (mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2002

ASHA (American Speech-Language-Hearing Association).**Guidelines for acoustics in educational environments.** American Speech-Language-Hearing Association, 37, Suppl. 14, pp. 15–19, 1995

ANDERSON, L. W., DAVID R. KRATHWOHL, D. R., ET AL. **A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing**: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. New York; London : Longman, c2001

AUSUBEL, D.P. NOVAK, J. D; HANESIAN H. **Psicologia Educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3/2005** Desempenho Térmico de Edificações -Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social,2005,30p.

_____**NBR 15215-3/2005** Iluminação natural – Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos,2005,36p.

BALACHANDRA, M. Knowlwdge-based optimum design. topics in engeneering.. **Computational Mechanics Publications**, Boston: C.A Brebbia e J.J.Connor, V.10, 165 p. 1996.ISSN 0952-5300

BARROSO-KRAUSE, C. Ciência e concepção arquitetônica. Reintegrando tecnologia e arquitetura. In: Rio Vicente Del (Org). **Arquitetura Pesquisa &Projeto**. São Paulo: proEditores, 1998. Parte I, p.37-53. BENYA, J. R. 2001. **Lighting for schools**. Washington, D.C.: National Clearinghouse for Educational Facilities. Disponível em: http://www.edfacilities.org/pubs/lighting.html Acesso em 01/06/2006

BECHTEL,B.R; MARANS W.R; MICHELSON W. **Methods in Environmental and Behavioral Research**. Florida: Robert E. Krieger Publishing Company,1987.

BLOOM, B. S. **Taxionomia dos objetivos educacionais**. Porto Alegre: Globo, 1973

BUSSAB W.O., MORETTIN P.A. **Estatística básica**. 5ed.-São Paulo:Saraiva, 2003.

CHVATAL K.M.S., KOWALTOWSKI D.C.C.K., LABAKI L.C. & TOLEDO L.M.A., O projetista de edificação e a preocupação com o conforto térmico e conservação de energia em Campinas (SP). In: 4° ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Universidade Federal da Bahia, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais** ...Salvador; 1997. p. 393-396.

CHVATAL K.M.S., KOWALTOWSKI D.C.C.K. & LABAKI L.C., A prática do projeto arquitetônico em Campinas (SP) e diretrizes para o projeto de edificações adequadas ao clima. In: NÚCLEO DE PESQUISA EM TECNOLOGIA DA ARQUITETURA E URBANISMO. ARQUITETURA E URBANISMO, Tecnologias para o Século 21: **Anais**... São Paulo [CD-ROM]; 1998.

CORBELLA O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos**- conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan, 2003

ERDREICH, J. Classroom acoustic. **Issuetrak: A CEFPI Brief on Educational facility issue**, Arizona, p. 1-5. jun.1999.

EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY) **Indoor air quality and student performance.** Washington,D.C. Environmental Protection Agency. http://epa.gov/iag/schools/performance.html. Acesso em 22/03/2006

FABRICIO, M. M.; BAÍA, J. L.; MELHADO, S. B. Estudo da Seqüência de Etapas do Projeto na Construção de Edifícios: Cenário e Perspectivas. In. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP'98: A engenharia de produção e o futuro do trabalho. **Anais** em CD-ROM**:** UFF/ABEPRO, Niterói, 1998

FAIA, DEANE EVANS (autor principal). **High performance school buildings resource and strategy guide**. 2. ed. Washington, D.C: SBIC (Sustainable Buildings Industry Council), 2005

FAIA, DEANE EVANS. High performance school buildings resource & strategy. SBIC (Sustainable Buildings Industry Council).In: HIGH-PERFORMANCE SCHOOL BUILDINGS WORKSHOP. **Anais**. Washington 16/12/2005. disponível em http://www.sbicouncil.org/highperformanceschoolbuildings.htm acesso em 23/03/06

FARIA W. **Aprendizagem e planejamento de ensino**. São Paulo: Editora Ática, 1989

FOREHAND, M. (2005). Bloom's taxonomy: Original and revised. In M. Orey (Ed.), **Emerging perspectives on learning, teaching, and technology.** Disponível em http://projects.coe.uga.edu/epltt/ acesso em 11/05/2007

FRIEDMAN H. H. E AMOO T. Rating the Rating scales. **Journal of Marketing Management**, Vol. 9:3, 1999, 114-123. Disponível em http://academic.brooklyn.cuny.edu/economic/friedman/rateratingscales.htm acesso em 11/09/2006.

FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL (FDE) **Normas de apresentação de projetos de edificações** – Arquitetura e Paisagismo. CD-Rom, ISBN 85-87028-17-0, São Paulo, 2003

GRAÇA V.A. **O uso da metodologia de projeto axiomático para projetos arquitetônicos**: estudo de caso das Escolas Municipais de Educação Infantil (EMEI). 2002. (mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2002

_____. **Otimização de projetos arquitetônicos considerando parâmetros de conforto ambiental**: O Caso da rede Estadual de São Paulo. 2002.. (mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2002

GRAÇA V.A.C, KOWALTOWSKI D.C.C.K. PETRECHE J.R.D. An evaluation method for school building design at the preliminary phase with optimization of aspects of environmental comfort for the school system of the State São Paulo in Brazil. **Building and Environment**,Volume 42, Issue 2, February 2007, Pages 984-999

_____ O uso de metodologia de projeto axiomático para a integração de aspectos de conforto ambiental no desenvolvimento de projetos para a tipologia escolar no Estado de São Paulo. IN: IX ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO AMBIENTAL, IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, 8-10 de agosto 2007, **Anais** CD-Rom

HESCHONG MAHONE GROUP. 1999. **Daylighting in schools**: An investigation into the relationship between daylighting and human performance. San Francisco, Calif.: Pacific Gas and Electric Company. Disponível em: http://www.pge.com/003_save_energy/003c_edu_train/pec/daylight/di_pubs/SchoolDetailed820App.PDF acesso em 01/06/2006

HOPKINSON,R.G., PETHERBRIDGE,P. e LONGMORE,J.. **Iluminação natural**. Lisboa, Calouste Gulbenkian, 1975.

JONG T.M.; VOORDT D.J.M.V.D.(org) **Ways to study and research urban, architectural and technical design**. The Netherlands: DUP Science, 2002

KOWALTOWSKI D.C.C.K. e LABAKI L.C., O projeto arquitetônico e o conforto ambiental: necessidade de uma metodologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais**; São Paulo; 1993: 2. p. 785-794.

KOWALTOWSKI D.C.C.K., LABAKI L.C., PINA S.A.M.G., RUSCHEL R.C., BORGES FILHO F.e BERTOLLI S.R**. Melhoria do conforto ambiental em edificações escolares de Campinas, SP.** Campinas: FEC-UNICAMP; 2001. UNICAMP, Campinas.

KOWALTOWSKI D.C.C.K., PINA S. M.G., SILVA V.G., LABAKI L.C,, RUSCHEL R. C.E MOREIRA D.C. Da pós ocupação à avaliação de projeto: diretrizes de implantação de conjuntos habitacionais de interesse social no Estado de S. Paulo, Brasil.I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais.**18-21 julho 2004, São Paulo. ISBN 85-89478-08-4.

LANG, J.T. **Designing for Human Behavior: Architecture and the Behavioral Sciences**. USA: Dowden, Hutchinson& Ross,1987.

LOON P. P. V. Design by optimization an open decision-making approach. In: Jong T.M., Voordt D.J.M.V.D (org) **Ways to study and research urban, architectural and technical design**; The Netherlands: Dup Science, 2002. p.293-303

LOWRY R. **Concepts and application of inferential statistics**. VassarStats: Web site for statistical computation, 2005. Disponível em http://faculty.vassar.edu/lowry/intro.html acesso em 22/09/05

MATTAR, F.N. **Pesquisa de marketing** (edição compacta), São Paulo: Ed. Atlas, 1996.

MONICE S. **Projeto Axiomático de Arquitetura**: Estudo para Implantação em Sistemas CAD. 2003 (mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2003.

MORCILLO A.M. MP 639 - **Introdução à Análise Estatística Biomédica**, ultima modificação 2003 disponível em: http://www.fcm.unicamp.br/centros/ciped/mp639 acesso em 23/09/05.

MOREIRA, MARCO ANTÔNIO. Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e reconciliação integrativa. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 474-479, abril 1980.)

MOREIRA A. M. E MASINI E.F. **A aprendizagem significativa**: a teoria de Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

NOVAK, J. D. **Uma teoria de educação**. Trad. de Marco Antonio Moreira. São Paulo: Editora Pioneira, 1981

NETO, E. PILOTTO. **Cor e iluminação nos ambientes de trabalho**. São Paulo, SP: Livraria Ciência e Tecnologia Editora, 1980

NIOSH (National Institute for occupational Safety and Health). **Indoor air quality**: selected references. Cincinatti, Ohio: National Institute for occupational Safety and Health. 1989

ORNSTEIN S.W. & BORELLI J.N., **O desempenho dos edifícios da rede estadual de ensino,** o caso da Grande São Paulo. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo; 1996.

OLIVEIRA T.M.V. Escalas de Mensuração de atitudes: Thurstone, Osgood, Stapel, Likert, Guttman, Alpert. **Administração on line**: prática-pesquisa –ensino. ISSM1517-7912. Vol.2,n° 2, Abril/maio/junho-2001. Disponível em http://www.fecap.br/adm_online/art22/tania.htm acesso em 12/09/2005

PARASURAMAN, A**. Marketing research**. 2.ed. New York: Addison-Wesley Publishing Co, 1991.

PEREIRA J.C.R. **Análise de dados qualitativos**: Estratégias metodológicas para ciências de saúde, humanas e sociais. 2.ed.-São Paulo:Editora da Universidade de São Paulo,1999.

PRATA ET Al. Uma ferramenta de avaliação da ventilação natural em projetos arquitetônicos. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO, 1997, Salvador, **Anais**, p. 211-215

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI) **A Guide to the Project Management Body of Knowledge**. Third Edition. USA: Project Management Institute, 2006

RIVERO R. **Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural**. 2° ed. Ver. Ampl. Porto Alegre:D.C. Luzzatto Editores, 1986.

ROWE, PETER G**. Design thinking**. 4.ed. USA: MIT Massachusetts Institute of Technology, 1992.

SCARAZZATTO,P.S. ET AL. The Dynamic of Daylight in Tropical Climates and its influence on Indoor Environment. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDOOR AIR QUALITY AND CLIMATE, 7, 1996, Nagoya, Japan, **Anais**, CD-ROM.

SCHNEIDER, M., Do School Facilities Affect Academic outcomes, **National Clearinghouse for Educational facilities**, November, 2002.

SMITH, B.J.; PETERS R.J.; OWEN, S. (1983) **Acoustics and noise control.** New York: Longman, 1983.

SOUZA L.C.L., ALMEIDA M.G., BRAGANÇA L. **Bê-a-bá da acústica arquitetônica ouvindo a arquitetura**. Bauru, S.P. Unesp, 2003

STADLER W. E DAUER J. Multicriteria optimization in enginnering: a tutorial and survey. In: Seebass, R. (editor) **Structural Optimization: status and promise**. progress on astronautics and aeronautics. USA: Manohar P. Kamat,1992, p.209-244

SUH,N.P. Axiomatic Design theory for systems. **Research in engineering design**.(1998)10:189-209

SUH, N.P. **The principle of design.** New York: Oxford University Press, 1990

TROCHIM W.M. **The Research Methods Knowledge Base**, 2002, disponível em http://socialresearchmethods.net/kb/scaling.htm acesso em 24/02/2006

YALE UNIVERSITY SCHOOL OF MEDICINE. **Project Management.** Department of Facilities Construction & Renovation, 2005 disponível em http://info.med.yale.edu/fdo/pmc/process/formulation.html acesso em 21/06/2006.

WAAL P E TELLES M. A Taxonomia de Bloom, **DynamicLab Gazette :reflexões sobre a aprendizagem on-line**, Agosto, 2004. Disponível em http://www.dynamiclab.com/moodle/mod/forum/discuss.php?d=436 acesso em 15/06/2007

Anexo 1: Apresentação da metodologia de projeto

O uso da metodologia de projeto axiomático para projetos arquitetônicos: Estudo de caso das Escolas Municipais de Educação Infantil (EMEI)

- **Objetivos**
- **Organização do texto**
- **Revisão da Literatura:**
- ✓ **Projeto axiomático**
- ✓ **Projeto padronizado atual**
- **Aplicação**
- **Conclusão**

Objetivos

- **Conscientizar o projetista da importância de racionalizar o processo de projeto**
- **Permitir uma melhor representação das decisões tomadas**
- **Demonstrar o uso da metodologia de projeto axiomático como uma alternativa para a sistematização das informações**
- **Formular princípios de projeto e as funções do ambiente para a implementação da metodologia**
- **Introduzir o leitor ao contexto geral das edificações destinadas a educação infantil destacando-se alguns problemas existentes**

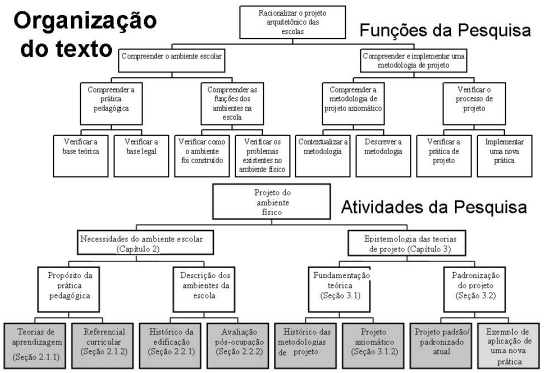
O uso da metodologia de projeto axiomático para projetos arquitetônicos: Estudo de caso das Escolas Municipais de Educação Infantil (EMEI)

- **Objetivos**
- **Organização do texto**
- **Revisão da Literatura:**
- ✓ **Projeto axiomático**
- ✓ **Projeto padronizado atual**
- **Aplicação**
- **Conclusão**

Objetivos

- **Conscientizar o projetista da importância de racionalizar o processo de projeto**
- **Permitir uma melhor representação das decisões tomadas**
- **Demonstrar o uso da metodologia de projeto axiomático como uma alternativa para a sistematização das informações**
- **Formular princípios de projeto e as funções do ambiente para a implementação da metodologia**
- **Introduzir o leitor ao contexto geral das edificações destinadas a educação infantil destacando-se alguns problemas existentes**

Organização do texto



Revisão da literatura

Projeto Axiomático

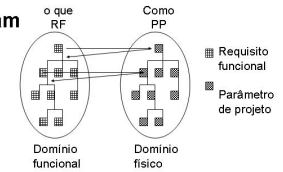
- **Existe um conjunto fundamental de princípios que determinam uma boa prática de projeto.**
- **Axiomas são declarações formais do que as pessoas sabem ou do conhecimento do que as pessoas fazem ou usam diariamente.**
- **Acredita-se que na ausência de princípios ou axiomas (base ou referencia), as decisões só podem ser realizadas de maneira empírica o que impede a codificação e transmissão do conhecimento sobre o projeto**

Objetivo da metodologia Axiomática

- O projetista controla os parâmetros de projeto para atender os requisitos funcionais. A organização deste controle é que permite a independência, isto é, permite que o projeto se desenvolva passo a passo, definindo-se um parâmetro de controle da função por vez, evitando-se, sempre que possível, a solução de compromisso.

Projeto Axiomático Definição de projeto

- **O projeto se constitui em: definição do problema, processo criativo, processo analítico e checagem final.**
- **O projeto se caracteriza por um processo iterativo de hierarquização realizado através do mapeamento entre o domínio funcional e físico.**
- **Os axiomas direcionam este mapeamento**



Projeto Axiomático **Axiomas**

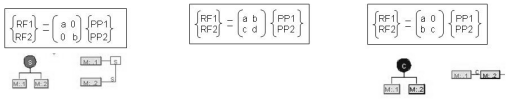
- Axioma 1:

A relação entre RF e PP deve permitir que o ajuste em um determinado PP não afete outro RF (mantenha a independência entre requisitos)

- Axioma 2:

O melhor projeto possui funções desacopladas e o menor conteúdo de informação (minimize o conteúdo da informação).

Desacoplado **Acoplado** **Desacoplavel**



- A metodologia de projeto axiomático supõe que existem diversos parâmetros e variações destes parâmetros físicos (soluções) que podem controlar um requisito funcional.
- Cabe ao projetista escolhê-los de modo a manter a independência.

- Ao se deparar com um projeto acoplado, o projetista pode:

– Definir outros parâmetros de controle a fim de evitar uma situação de compromisso.

– Unir as funções e seguir com a hierarquização optando-se por uma solução desacoplável ou desacoplada com o detalhamento do projeto.

– Não é possível se evitar uma situação de compromisso para algumas funções, faz-se necessário realizar a otimização destas a fim de encontrar soluções de compromisso em um determinado nível hierárquico, tendo o projetista que optar por um partido.

Otimização

- **Comparação entre os projetos e seleção do "melhor".**
- **A motivação para usar modelos de otimização de projeto é a seleção de um bom projeto que representa um compromisso de muitas exigências diferentes, com pouca ou nenhuma ajuda de fabricação e ensaios de protótipos.**
- **Um projeto "ótimo" só deve ser tomado como tal dentro do âmbito do modelo matemático que o descreve, e do julgamento subjetivo inevitável daquele que cria o modelo.**
- **A otimização prescreve um conjunto de decisões de projeto de forma a encontrar um conjunto específico de desempenhos. São estabelecidos os valores das variáveis que ao mesmo tempo satisfazem os requisitos e otimizam o conjunto de objetivos.**
- **Limitações: a falta de conhecimento que dificulta a definição do problema e a sua imagem; a falta de soluções disponíveis (nem sempre estão prontas e precisam ser encontradas) e a falta de conhecimento dos efeitos de algumas soluções.**

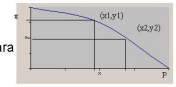
Otimização de Projeto- Continuação

- **Otimização do projeto envolve:**

1. **A seleção de um conjunto de variáveis para descrever as alternativas de projeto.**
2. **A seleção de um objetivo (critério), expresso em termos das variáveis de projeto, o qual buscamos minimizar ou maximizar.**
3. **A determinação de um conjunto de restrições expresso em termos das variáveis de projeto que devem ser satisfeitas por qualquer projeto aceitável.**
4. **A determinação de um conjunto de valores para as variáveis de projeto que minimiza (ou maximiza) o objetivo, enquanto satisfazendo todos as restrições.**

Concepção de ótimo

- Concepção de projeto interessada na forma ótima
  - a qualidade ótima (os profissionais decidem a qualidade arquitetônica)
  - a seleção ótima e combinação de sub-soluções (processo ótimo que possibilite seleção e coleção de todas as sub-soluções).
  - requisitos e o caminho ótimo (cliente formula os requisitos e o projetista encontrar soluções).
- Concepção de planejamento interessada com a escolha ótima
  - Problema não pode ser amplamente quantificado e por esta razão técnicas quantitativas não podem ser utilizadas.
  - Se o processo for estruturado de maneira sistemática e racional, automaticamente a melhor (ótima) planta será encontrada.
- Concepção matemática interessada na aritmética ótima
  - É possível criar a representação matemática da realidade possibilitando soluções matemáticas ótimas derivadas e validadas pela realidade.
- Economia do "Bem-estar" *(Welfare economics)* interessada na distribuição ótima
  - A união da decisão democrática de uma lado e do projeto realizado por uma equipe de outro.
  - O critério de Pareto proporciona uma escala para medir o aumento no bem estar do grupo.
  - O projeto será considerado ótimo quando não puder ser melhorado sem diminuir outros benefícios.



Conceito de projeto ótimo

O projeto será ótimo se a função objetivo não puder ser aumentada (no caso de maximização) ou diminuída (no caso de minimização) sem quebrar os limites dados pelas pessoas envolvidas.

O projeto ótimo é o projeto selecionado, entre as alternativas que se encontram dentro do modelo matemático definido pelas restrições, por um procedimento explícito e aceito pelos envolvidos.

- Os parâmetros de conforto térmico, acústico e visual são conflitantes e deverão ser escolhidos com conceitos de otimização.
- Os problemas relativos à falta de soluções disponíveis e a falta de conhecimento dos efeitos de algumas soluções podem justificar o uso de exemplos/diretrizes na tomada de decisão. As diretrizes neste caso podem ser consideradas como restrições de um conforto em outro.
- Quando o interesse de todos os projetistas (projetistas de hidraúlica, elétrica, estrutura e especialistas de conforto térmico, acústico,funcional e visual) deve ser incorporado no projeto não se pode prever o produto final, por este motivo o gerenciamento do projeto deve se focar mais no processo que no conteúdo.

Exemplo – projeto: escolha de carro para a família

1. **A seleção de um conjunto de variáveis para descrever as alternativas de projeto.**

- Carros nacionais e importados

2. **A seleção de um objetivo (critério), expresso em termos das variáveis de projeto, o qual buscamos minimizar ou maximizar.**

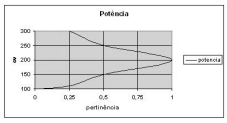
- econômico, boa capacidade de porta-mala e com boa potência de motor (objetivo – eliminar carros inferiores em todos os quesitos)

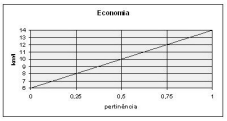
3. **A determinação de um conjunto de restrições expresso em termos das variáveis de projeto que devem ser satisfeitas por qualquer projeto aceitável.**

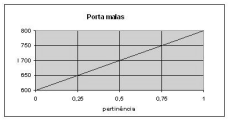
- **Econômico – mínimo 6km/l**
- **Capacidade de porta malas – mínimo 600 L**
- **Potência – mínimo 100cv**

Exemplo – projeto de escolha de carro para a família

4. A determinação de um conjunto de valores para as variáveis de projeto que minimiza (ou maximiza) o objetivo, enquanto satisfazendo todos as restrições.

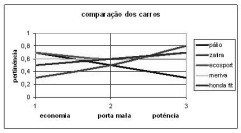






Resultado

	fusca	uno mille	pálio	zafira	ecosport	meriva	pajero	honda fit
economia			0.7	0.3	0.7	0.6		0.5
porta mala			0.5	0.5	0.6	0.6		0.6
potencia			0.3	0.8	0.7	0.7		0.7
restrições								
mínimo 6km/l							x	
mínimo 600 L	x							
mínimo 100cv	x	x						



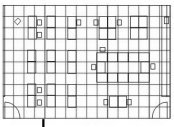
O conjunto ótimo ´´e
Formado pelo Eco
E pela Zafira

Padronização do projeto

- Projetistas se baseiam na legislação e programa de necessidades padronizado de ambientes.
- Programa de necessidades é definido a partir de blocos funcionais (administração, pedagógico, vivência e serviços gerais).
- A legislação estipula para cada ambiente: m²/criança, relações usuais, equipamentos e principais atividades algumas exigências de conforto térmico e de materiais de acabamento.
- Verificam-se as informações dos aspectos restritivos (atendimento à demanda e ao orçamento)

Projeto desenvolvido em 1991

Equipamento: EMEI		Ocupantes: Professor – 1 Alunos - 40	
Ambiente: Sala Ambiente	Código 2.1		
Conj. Funcional: Pedagógico	Área (m²) 62,50		
Principais atividades: Atividades pedagógicas desenvolvidas em sala ambiente		Relacionamento com outros ambientes: Sanitário/alunos	
Mobiliário -mesas individuais –40 -cadeiras/alunos– 40 -cadeira/professor- 1	Equipamento (fixo) -lousa -painel de fixação -cabides -armário -bancada com pia -espelho	Instalações -Tomada 110v alta -Pt. Água fria	Recomendações -pisos e paredes laváveis -pé direito mínimo 3,00m -abertura iluminante mínima 1/5 área/ambiente -prever possibilidade de subdividir sala em 2 ambientes



Carece de uma sistematização das informações das hipóteses realizadas pelos arquitetos quanto a funcionalidade e dimensionamento dos ambientes em relação às questões de ordem pedagógica.

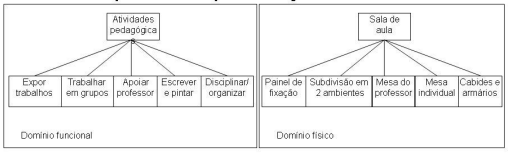
Proposta de uma nova prática

- Maior detalhamento e representação das decisões de projeto o que pode contribuir para:

1- apresentação da proposta conceitual do projetista ao usuário.

2- verificar quais funções não foram atendidas, quais parâmetros foram ou não incorporados pelo usuário e elaborar lista de funções e parâmetros avaliados.

3- facilitar a comunicação entre projetistas o que pode contribuir para sua especialização

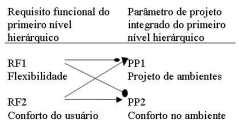


Aplicação

- Foram considerados os referenciais curriculares, algumas teorias de aprendizagem e a avaliação pós-ocupação. Destes três elementos, observou-se que as necessidades gerais do"cliente" se referem à:

1- Formação pessoal e social da criança através da "transferência" de conhecimento (flexibilidade),
2- Ambiente físico adequado (conforto do usuário).

- Estas duas necessidades são transformadas em funções Esta transformação possui caráter pessoal, isto é, depende da criatividade, da experiência e do entendimento do projetista.



Faz-se necessário listar diversos requisitos funcionais e parâmetros de projeto para que se possa escolher quais serão utilizados e em que nível de detalhamento do projeto. A formulação desta lista, representada na tabela 3, permite a escolha de diversas funções e parâmetros de controle para o desenvolvimento deste projeto.

Tab. 3 Requisitos funcionais e parâmetros de projeto

Requisitos funcionais – possibilitar:	Parâmetros de projeto
- Cuidados - Brincadeiras - Atividades orientadas - Interação entre pessoas - Privacidade para o desenvolvimento de atividades - Segurança - Autonomia - Identidade - Socialização - Administração da escola - Atendimento da comunidade - Conforto físico do usuário	- Circulação no ambiente - Organização do espaço interno - Salas de aula - Ambientes externos - Distribuição (implantação) dos ambientes - Mobiliário - Ventilação dos ambientes - Controle do acesso de pessoas - Materiais de fechamento. - Iluminação natural - Sistemas de iluminação artificial - Materiais de isolamento acústico - Materiais de acabamento - Orientação das aberturas - Ambientes administrativos - Salas de uso específico

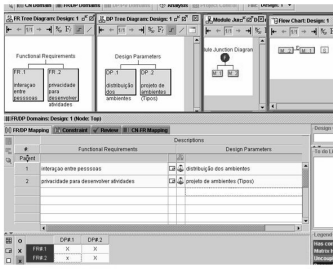
- Observa-se que o projeto está acoplado o que indica que uma função pode ser subfunção de outra. Isto é, o RF 2 (conforto do usuário) é um desmembramento do RF1(flexibilidade) em um nível hierárquico inferior e o PP2 (conforto no ambiente) é um desmembramento do PP1 (projeto de ambientes). Portanto o RF1 será considerado para o início de projeto e o RF2 será utilizado com o maior detalhamento do projeto.

Aplicação 1° nível hierárquico

Requisito funcional (flexibilidade)	Parâmetro de projeto (projeto de ambientes)
RF1 Interação	PP1 Distribuição dos ambientes
RF2 Privacidade	PP2 Tipo de ambiente

primeiro será definido o módulo 2, "**privacidade**" (RF2), e depois o módulo 1 **"interação**" (RF1),

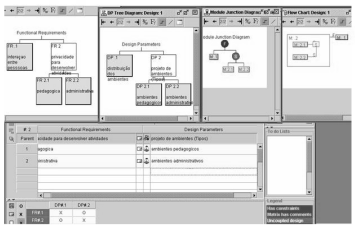
a matriz de projeto pode ser do tipo acoplada, uma vez que o parâmetro de projeto **distribuição dos ambientes** possui uma relação fraca de influência no requisito funcional **privacidade para desenvolver atividades**. Esta matriz pode ser considerada desacoplável, se durante o desenvolvimento do PP1 forem respeitadas as tolerâncias estipuladas para o PP2



Aplicação: 2° nível hierárquico RF2 Privacidade

o tipo de ambiente depende das atividades que serão desenvolvidas pela prática pedagógica e pela administração escolar, podendo-se considerar a decomposição do requisito funcional "privacidade" em duas subfunções: "**a privacidade pedagógica**" (RF2.1) e a "**privacidade administrativa**" (RF2.2).

a decomposição do RF2 possui a matriz diagonal, Os Parâmetros podem ser desenvolvidos sem se considerar uma seqüência de ações. A importância deste fato está na possibilidade de distribuir tarefas entre as equipes de projeto.

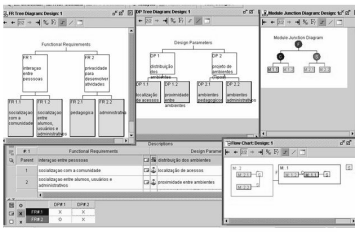


Aplicação: 2° nível hierárquico RF1 Interação

verifica-se que o parâmetro de projeto "distribuição de ambientes" (PP1) depende das interações existentes entre a comunidade e a escola e das interações entre os usuários "rotineiros" da escola, isto é, das subfunções RF1.1 "**socialização com a comunidade**" e RF1.2 "**socialização entre alunos, professores e funcionários**".

a matriz de projeto é do tipo desacoplável

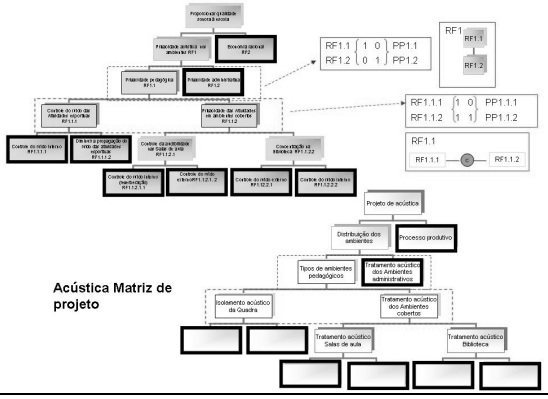
Primeiro desenvolve-se o PP1.2 (proximidade entre ambientes) e depois desenvolve-se o PP1.1 (localização de acessos). Estes dois parâmetros são considerados finais, pois já é possível desenvolvê-los através da aplicação de uma metodologia específica



- O projeto segue com o mapeamento entre domínios e com a hierarquização até o momento em que o nível de detalhamento de cada requisito funcional e seu respectivo parâmetro de projeto possam ser implementados, isto é até o momento em que forem encontrados métodos para o seu desenvolvimento

Conclusões

- **União de dois campos (prática educacional e processo de projeto)**
- **Racionaliza o processo de decisão (uso dos axiomas)**
- **Racionaliza o armazenamento de informação (mapeamento e hierarquização)**
- **Auxilia a comunicação entre projetistas e usuários.**
- **Permite flexibilidade (mudanças de alguns parâmetros e especificações genéricas e específicas)**
- **auxilia na gestão do projeto (diagrama de fluxo)**



Acústica Matriz de projeto

Bibliografia

1. **Kowaltowski DCCK e Labaki LC. O projeto Arquitetônico e o Conforto Ambiental: Necessidade de uma Metodologia. Em: ENTAC 93 Avanços em Tecnologia e Gestão da Produção de Edificações; 17 a 19 de novembro 1993; São Paulo: EPUSP/ANTAC. p 785-794.**
2. **Ornstein, S. W e Borelli, J. N. O desempenho dos edifícios da rede estadual de ensino. O caso da Grande São Paulo. São Paulo FAU-USP 1993**
3. **Panos Y. Papalambros P.Y. e Wilde D.J. PRINCIPLES OF OPTIMAL DESIGN Modeling and Computation, 1991**
4. **Balachandran M. Knowledege-based Optimum Design. Topics in Engineering. Edited by C.A.Brebbia and J.J. Connor. Computational Mechabicas Publication. Southampton UK and Boston USA. Vol.10 ,1996**

Anexo 2: Seminário quem sou eu

CONFORTO FUNCIONAL EM ESCOLAS PÚBLICAS

DEFINIÇÃO

ESTUDO
ANTE PROJETO
DESENHO UNIVERSAL

(...) "HEALTH HOUSE"

INTRODUÇÃO:

DEFINIÇÃO
PARÂMETROS DE PROJETO
NORMAS
CÁLCULOS

DEFINIÇÃO

ARQUITETURA E O CONFORTO FUNCIONAL

O conforto ambiental tem como objetivo adequar os princípios físicos envolvidos e as necessidades de caráter ambiental - higrotérmicas, visuais, acústicas e da qualidade do ar interno - aos projetos construtivos.

CONFORTO AMBIENTAL EM ESCOLAS PÚBLICAS

PARÂMETROS DE PROJETO

PERFIL DO USUÁRIO
DESENHO UNIVERSAL
ÁREA ÚTIL
ERGONOMIA
METRAGEM MÍNIMA
FLEXIBILIDADE

PARÂMETROS DE PROJETO

O Desenho Universal é um modo de concepção de espaços e produtos visando sua utilização pelo mais amplo espectro de usuários, incluindo crianças, idosos e pessoas com restrições temporárias ou permanentes.

CONFORTO AMBIENTAL EM ESCOLAS PÚBLICAS

Os parâmetros de **projeto** atuam no processo projetivo em várias fases. Pode-se dizer que na fase de anteprojeto o projetista trabalha principalmente com conceitos que geram a forma do edifício. Para qualificação das variáveis de **projeto** relacionadas ao conforto luminoso, acústico e térmico, foram realizadas entrevistas à profissionais de cada área utilizando-se escalas semânticas que são quantificadas através de valores utilizando o grau de pertinência médio das respostas, um conceito daTeoria de Sistemas Nebulosos (Fuzzy).

COMPLEMENTO

NO BRASIL

ONU: entre 10% e 15% de pessoas são portadoras de algum tipo de deficiência, que varia conforme seu grau de desenvolvimento.

Quando a estimativa gira em torno de 10%, a distribuição das porcentagens para cada tipo de deficiência é estimada da seguinte forma:

5% para mental

2% para física

1,5% para auditiva

1% para múltipla

0,5% para visual

Censo do IBGE:

14% da população brasileira é atingida por algum tipo de deficiência.

NORMAS

NÃO EXISTE UMA NORMA PARA TRATAR DE CONFORTO FUNCIONAL, MAS PARA AJUDAR NOS PROJETOS É INTERESSANTE A CONSULTA DAS NORMAS:

ABNT (2002). Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos (Projeto de norma 02:136.01/2002).

NBR9050

Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos

CÁLCULOS

SEÇÃO ÁUREA : Também chamada de razão áurea, foi estudada pelos gregos antes do tempo de Euclides de Alexandria que descreveu esta seção em sua proposição "dividir um segmento de reta em média e extrema razão". Diz-se que o ponto B divide o segmento AC em média e extrema razão, se a razão entre o menor e o maior dos segmentos é igual à razão entre o maior e o segmento todo, isto é , AB/BC = BC/AC. Usando a notação moderna, podemos escrever esta relação assim:

CÁCULOS:

(a-x) / x = x / a A raiz positiva 1,618034..., muitas vezes é indicada pelo símbolo f(fi) e às vezes por (tau).

Para o ensino fundamental recomenda-se no mínimo 1,5 m2 por aluno em sala de aula comum com ensino

tradicional e uma lotação máxima por professor de 30 alunos.

CONFORTO FUNCIONAL EM ESCOLAS PÚBLICAS

EXEMPLOS:

Vista de duas típicas salas de aula, mostrando grande lotação e dificuldade de circulação.

CONFORTO FUNCIONAL EM ESCOLAS PÚBLICAS

EXEMPLOS:

PROJETO FDE
SALA DE AULA
PARA GRUPO8
ALUNOS

CONFORTO FUNCIONAL EM ESCOLAS PÚBLICAS

EXEMPLOS:

PROJETO FDE
SALA DE AULA
PARA 40 ALUNOS

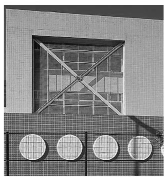
CONFORTO FUNCIONAL EM ESCOLAS PÚBLICAS

A circulação central da escola é marcada, externamente, por cobertura de duas águas

CONFORTO FUNCIONAL EM ESCOLAS PÚBLICAS

A concepção modular do projeto permite que se construam também unidades compactas, como a Escola Municipal Mestre Darcy do Jongo, em Madureira

CONFORTO FUNCIONAL EM ESCOLAS PÚBLICAS



As fachadas apresentam grandes aberturas. As esquadrias são recuadas

CONFORTO FUNCIONAL EM ESCOLAS PÚBLICAS

As salas de aulas foram projetadas de forma que sua dimensão oferecesse uma relação de 1,50 metro quadrado por aluno

CONFORTO FUNCIONAL EM ESCOLAS PÚBLICAS

As escolas Rachel de Queiroz e Tia Ciata ocupam o mesmo lote, com plantas espelhadas

CONFORTO FUNCIONAL EM ESCOLAS PÚBLICAS

As rampas têm piso antiderrapante

A utilização de blocos de vidro permite a entrada da iluminação natural no edifício

Telhas translúcidas na cobertura tornam as áreas internas mais claras sem a necessidade do uso de energia elétrica

CONCLUSÃO

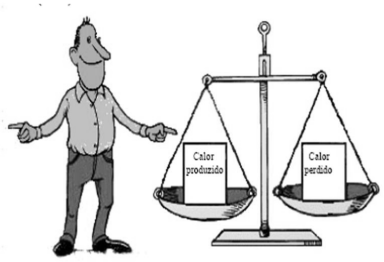
SEM DÚVIDA O CONFORTO FUNCIONAL DO AMBIENTE CONSTRUÍDO SÓ TERÁ UM BOM EXITO, SE HOUVER UMA BOA INTEGRAÇÃO ENTRE AS PARTES ENVOLVIDAS NO PROJETO; DE TAL MANEIRA QUE UMA COMPLEMENTE A OUTRA SEM QUE HAJA DESARMONIA.

BIBLIOGRAFIA

Metodologia de avaliação de conforto ambiental de projetos escolares usando o conceito de otimização

- www.mat.uel.br/geometrica(PROPORÇÃO ÁUREA)
- ABNT (Projeto:02:136.01-001/1)
- INTRODUÇÃO AO CONFORTO FUNCIONAL
- AVALIAÇÃO DA FUNCIONALIDADE DE PRÉDIO ESCOLAR DAREDE PUBLICA: O CASO DE CAMPINAS

CONFORTO TÉRMICO EM ESCOLAS PÚBLICAS



Definir conforto térmico é bastante difícil pois, além dos fatores físicos, envolve uma gama de fatores pessoais que tornam sua definição bastante subjetiva. Desta forma, o conforto térmico pode ser visto e analisado sob dois pontos de vista: pessoal ou ambiental. Se formos considerar apenas o ponto de vista pessoal, define-se conforto térmico como sendo *uma condição mental que expresse satisfação com o* ***ambiente térmico***.

Do ponto de vista físico, confortável é o ambiente cujas condições permitam a manutenção da temperatura interna sem a necessidade de serem acionados os mecanismos termo-reguladores, ou seja, é necessário que o organismo humano se encontre em balanço térmico com o meio ambiente.

Dentre os diversos estudos que vêm sendo desenvolvidos sobre a análise da relação homem/conforto térmico, existe alguns que fazem abordagens voltadas para o ensino-aprendizagem nas escolas da rede pública, onde as reações fisiológicas desses alunos são afetadas vindo a prejudicar a qualidade do ensino quando expostos aos ambientes não adequados ao clima local com elevadas temperaturas.

Método de avaliação

O método a ser utilizado para a realização deste trabalho será uma adaptação do método de Fanger, que visa determinar o grau de conforto ou desconforto térmico de um ambiente, seguindo uma escala de sensação térmica:

− 3: muito frio
− 2: frio
− 1: leve sensação de frio
0: confortável (neutralidade térmica)
+ 1: leve sensação de calor
+ 2: quente
+ 3: muito quente

VME	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Sensação térmica	Muito Frio	Frio	Ligeiram. Frio	Neutro	Ligeiram. Quente	Quente	Muito Quente

Os parâmetros de conforto considerados são:
a) temperatura do ar;
b) umidade relativa do ar;
c) velocidade relativa do ar (velocidade do ar em relação ao indivíduo);
d) temperatura radiante média do ambiente;
e) vestimenta trajada pelo indivíduo;
f) metabolismo do indivíduo (função da atividade).

Tabela 1. Taxa metabólica para diferentes atividades segundo ISO 7730 (1994).

Atividade	Metabolismo (W/m^2)
Reclinado	46
Sentado, relaxado	58
Atividade sedentária (escritório, escola etc.)	70
Fazer compras, atividades laboratoriais	93
Trabalhos domésticos	116
Caminhando em local plano a 2 km/h	110
Caminhando em local plano a 3 km/h	140
Caminhando em local plano a 4 km/h	165
Caminhando em local plano a 5 km/h	200

Tabela 2. Índice de resistência térmica para vestimentas segundo ISO 7730 (1994).

Vestimenta	Índice de resistência térmica – I_{cl} (clo)
Meia calça	0,10
Meia fina	0,03
Meia grossa	0,05
Calcinha e sutiã	0,03
Cueca	0,03
Cueção longo	0,10
Camiseta de baixo	0,09
Camisa de baixo mangas compridas	0,12
Camisa manga curta	0,15
Camisa fina mangas comprida	0,20
Camisa manga comprida	0,25
Camisa flanela manga comprida	0,30
Blusa com mangas compridas	0,15
Saia grossa	0,25
Vestido leve	0,15
Vestido grosso manga comprida	0,40
Jaqueta	0,35
Calça fina	0,20
Calça média	0,25
Calça flanela	0,28
Sapatos	0,04

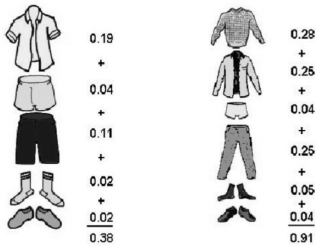


Figura 3. Somatório de peças de roupa que produzem índice de resistência térmica final para a vestimenta. Fonte: www.hku.hk/bse/bbse3004/bbse3004_0405-03.htm

Além dessas variáveis, será realizada uma entrevista com os alunos que ocupam a escola objeto de estudo. Esta entrevista será feita no momento de cada medição, e leva a um julgamento dos usuários, levando a um diagnóstico
subjetivo, que poderá ser comparado aos dados obtidos pelas medições "in loco".
Após definidos os critérios de avaliação, determinadas as condições térmicas apresentadas pelos ambientes através da medição *"in loco"*.

As medições serão realizadas no período de três dias, em horários a serem definidos, havendo um intervalo de três horas entre as medições. As medições serão feitas nas salas de aula, refeitório, pátio e outros ambientes externos da escola.
Segundo o IPT (1987) devem-se escolher dias típicos de exposição ao clima, chamados de "dias típicos de projeto", que representem as condições significativas de frio e calor ao longo de um ano (exceto algum período significativo em que a edificação não seja ocupada).

Com base nos dados coletados será possível se fazer uma avaliação do conforto térmico na escola baseando-se na escala de sensação térmica proposta por Fanger, que varia entre muito frio (-3) e muito quente (+3). Segundo a ISO 7730, um ambiente é considerado termicamente aceitável quando o índice encontrado está entre –0,5 e +0,5. Na sala de aula estes índices serão comparados às respostas dadas pelos usuários ao questionário proposto pela ISO 10551, que representa a sensação térmica dos usuários, para se avaliar se o método adotado está adequado à realidade apresentada.

CONCLUSÃO

- Com bases nesses resultados, serão propostas intervenções na edificação escolar referentes à adequação do conforto térmico a fim de melhorar a qualidade do ensino aprendizado. Recomenda-se um estudo para o desenvolvimento de propostas de intervenções, devendo ser feitas de acordo com as características dos ambientes e das variáveis climáticas do local.
- Considera-se importante que pesquisas nesta área sejam incentivadas, e que possam desenvolver técnicas para adequar as escolas existentes às necessidades de conforto térmico requeridas pelos alunos, professores e funcionários e para que as escolas futuras possam proporcionar um conforto térmico satisfatório aos seus alunos e conseqüentemente a melhoria do ensino-aprendizagem.

BIBLIOGRAFIA

- http://www.master.iag.usp.br/conforto/estimativa_do_CT.html **(Acessado em 20/08/2007)**
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A. **Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares.** Cidade Universitária "Armando de Salles de Oliveira" – São Paulo-SP. 1987.

CONFORTO VISUAL EM ESCOLAS PÚBLICAS

CONFORTO VISUAL

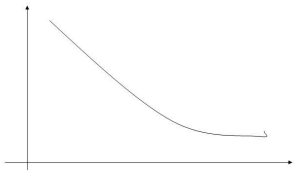
- **QUEM SOMOS?**
- **Responsáveis por tornar os ambientes agradáveis aos usuários por meio do uso de cores, superfícies, materiais, texturas, revestimentos e iluminação (natural e artificial), a fim de evitar a penumbra, os reflexos e a claridade excessiva nos ambientes.**

O QUE É CONFORTO VISUAL

- ILUMINÂNICA (LUX)
- Limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para área da superfície quando tende para zero.

CONFORTO VISUAL

- LUX



CAMPO DE TRABALHO SUPERFICIE

CONFORTO VISUAL

- Variáveis e Índices Médios, Fatores que influenciam na iluminancia dos ambientes.
- A atividade
- A idade
- Velocidade de precisão
- Refletância do fundo da tarefa.

ÍNDICES MÉDIOS PARA UMA ESCOLA

SALAS DE AULA	200-300-500
QUADROS NEGROS	300-500-750
SALAS DE DESENHO	300-500-750
SALAS DE REUNIÃO	150-200-300
SALAS DE ED. FISICA	100-150-200

BIBLIOGRAFIA

- www.abnt.com.br

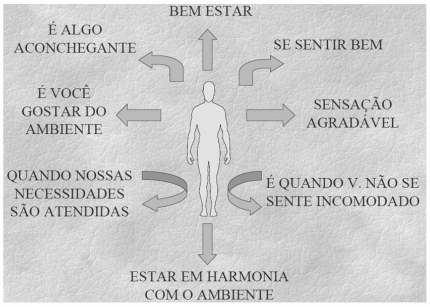
NBR 5413 – Iluminância de interiores (01/04/1992)

CONFORTO ACÚSTICO

CONCEITO

É quando fazemos o mínimo de esforço, do ponto de vista fisiológico, em relação ao som para a realização de uma determinada tarefa.

ILUSTRAÇÃO DO CONCEITO



DEFINIÇÕES

- Som (Física Acústica): resultado da vibração acústica capaz de produzir sensação auditiva.
- Medição: pela pressão que exerce no sistema auditivo humano.
- Ruído (barulho): som indesejável pelo ouvinte.
- Poluição Sonora: ruído que provoca danos a saúde humana, comportamentais ou físicos.

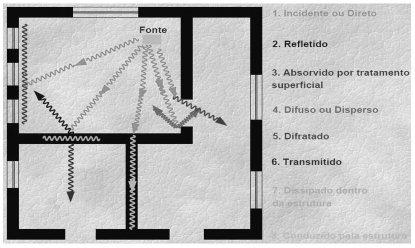
PROPRIEDADES DO SOM

- Intensidade (decibéis).
- Altura (freqüência).
- Timbre

OUTRAS PROPRIEDADES

- Reflete-se em paredes e anteparos;
- É absorvido pelos materiais e pelo ar;
- Sofre difração quando passa por fendas;
- Sofre refração quando se transmite por materiais.

Fenômenos Acústicos em Recintos



PARÂMETROS

- NORMA NBR 10.152 – data 01/12/1987

Níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

Salas de aula (sem ocupação) = 35 – 45 dB(A)

CUIDADOS ESPECIAIS

- Reverberação: é um tipo de onda refletida e ocorre quando a onda retorna a fonte num intervalo de tempo menor a 1/10 de segundo, ou que o obstáculo esteja a menos de 17 metros da fonte. (Russo – 1999)

CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

- Absorvedores.
- Isolantes.

Obs.: Tem características opostas em função de suas dimensões, densidades, rigidez, etc.

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

Absorvedores.

- Materiais macios, leves, flexíveis;
- São aqueles que ao receber o som não o refletem, mas absorvem-no;
- Geralmente são maus isolantes;
- Nos porosos: o som penetra nos poros abertos e é refletido inúmeras vezes, e cada reflexão corresponde uma absorção. Ex.: carpete;
- Nos fibrosos a absorção se dá pelos movimentos das fibras. Ex.: lã de rocha;
- Parte da energia sonora atravessa o material.

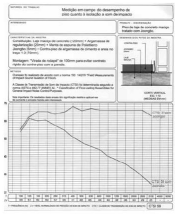
CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

Isolantes.

- Materiais rígidos, compactos, pesados;
- Dificultam a passagem do som através dos fechamentos, refletindo-o;
- Geralmente são maus absorvedores;
- O som não "atravessa" os fechamentos, estes é que vibram comportando-se como fontes secundárias;
- Comporta-se melhor para altas frequências; quanto mais alta, maior a dificuldade para o fechamento vibrar.

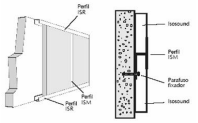
APLICAÇÕES GERAIS

- PISO



APLICAÇÕES GERAIS

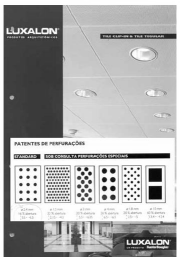
- Paredes

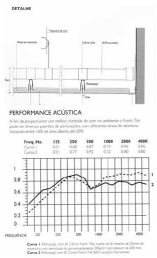


Performance Acústica							
Freqüência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	NCR
Glass Fabric	0,26	1,00	1,02	0,75	0,54	0,33	0,85
Glass Fabric - Pintado	0,26	0,99	0,94	0,7	0,32	0,19	0,75
Véu de Vidro Preto	0,20	0,72	0,95	1,10	0,95	0,99	0,95

APLICAÇÕES GERAIS

- Forros





BIBLIOGRAFIA

- RUSSO, I.C.P.; *Acústica e Psicoacústica aplicadas à Fonoaudiologia*. São Paulo: Lovise 1999.
- SILVA, Pérides. *Acústica Arquitetônica*, ed. Engenharia e Arquitetura, Belo Horizonte, 1971.
- Ramos, A.L.D.; *Controle de Poluição do Ar e Poluição Sonora*, Aracaju, 2006.
- http://www.joongbo.com.br
- http://www.isover.com.br

ESTRUTURAS E INSTALAÇÕES HIDRAÚLICAS E ELÉTRICAS EM ESCOLAS PÚBLICAS

ESTRUTURAS E INSTALAÇÕES HIDRAÚLICAS E ELÉTRICAS

- **QUEM SOMOS?**
- **Responsáveis por projetar, após análises dos outros departamentos, sobre o conforto ambiental da escola, as melhores instalações para uma eficiência energética adequada visando economia e o bem estar, usando as normas técnicas vigentes.**

ESTRUTURAS

- ESTRUTURAS PARA EDIFICAÇÕES PÚBLICAS

A estrutura de uma escola pública deve atender a muitos requisitos, sendo um de extrema importância: acessibilidade.

Nosso projeto visa a alteração de alguns ambientes, se necessário, para que a acessibilidade seja atendida.

NORMAS UTILIZADAS

- NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos (31/05/2004)
- NBR 15200 - Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio (30/11/2004)

Exemplos visando a Eficiência Energética

- **Estruturas metálicas** são as opções para se dispor os **pilares no perímetro** da construção, criando assim os grandes vãos que proporcionam o melhor aproveitamento da área de laje

Exemplos visando a Eficiência Energética

- Tijolos de vidro:
  Para obter melhor aproveitamento da iluminação natural

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS

- O QUE É?

São sistemas implementados para a funcionalidade de uma construção, serve também para a instalação de todos equipamentos e aproveitamento dos ambientes.

As instalações elétricas e hidráulicas são responsáveis pelo conforto e segurança dos moradores e/ou utilizadores da construção.

Tais sistemas devem ser feitos de modo a otimizar seus respectivos consumos, podendo assim atender as necessidades sem um gasto exagerado.

COMO ATENDER UMA ESCOLA PÚBLICA?

Edificações de utilidade pública requer ter um certo cuidado, pois exigem algumas demandas diferenciadas de uma edificação residencial.

Para nosso projeto, utilizaremos algumas normas técnicas da ABNT, para que possamos ser criteriosos e ponderados nas implementações.

NORMAS UTILIZADAS

- **Instalações Elétricas**
- NBR 13570 - Instalações elétricas em locais de afluência de público - Requisitos específicos (01/02/1996)
- NBR 5444 - Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais (28/02/1989)
- NBR 6689 - Requisitos gerais para condutos de instalações elétricas prediais (30/07/1981)

NORMAS UTILIZADAS

- **Instalações Hidráulicas**
- NBR 11213 - Grade de tomada d'água para instalação hidráulica – Cálculo (01/01/2001)
- NBR 14150 - Instalações hidráulicas prediais - Registro de pressão de liga de cobre - Verificação de desempenho (01/07/1998)
- NBR 14390 - Misturador para lavatório - Requisitos e métodos de ensaio (01/01/2001)
- NBR 14580 - Instalações em saneamento - Registro de gaveta PN 16 em liga de cobre - Requisitos e métodos de ensaio (01/09/2000)
- NBR 15206 - Instalações hidráulicas prediais - Chuveiros ou duchas - Requisitos e métodos de ensaio (30/03/2005)

Exemplos visando a Eficiência Energética

- Torneira com arejador de água

- Torneira econômica com mono-comando

Exemplos visando a Eficiência Energética

- Lâmpadas econômicas Fluorescentes

Monitoração e Controle

- Num edifício inteligente, os principais processos a serem monitorados e controlados podem ser divididos nas seguintes áreas: **elétrica e iluminação** (demanda; fator de potência; partida de geradores / transferência de cargas / no-break; iluminação; otimização de consumo.

Monitoração e Controle

- **Hidráulica** (medidores microprocessados de consumo de água; controles de bombas; controladores locais de qualidade de água; controle de nível d´água; controle de pressão); **incêndio** (detectores de fumaça; detectores termovelocimétricos; detectores de chama);

Monitoração e Controle

- **Condicionamento ambiental** (componentes de sistemas de ar condicionado); S**onorização** (anúncios acústicos; som ambiente); **Comunicações** (telefonia; redes; entretenimento)

Monitoração e Controle

- Cada um destes segmentos envolve inúmeras funções, que têm como objetivo principal a economia.

BIBLIOGRAFIA

- http://www.celg.com.br/Projetos_EficienciaEnergetica.jsp
- http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura611.asp
- http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente/br/home/conteudo.php?cd=55
- Normas ABNT

Anexo 3: Relatório de Visita Técnica

Objetivo:

Vistoria solicitada pelos profºs Valéria e Bispo da matéria de CPCC2 (Projetos de Construção Civil 2), onde devemos apurar dados para viabilizar nosso projeto com relação a uma escola estadual. Esse relatório tem como objetivo passar diversas informações sobre conforto funcional, térmico, visual, acústico, estrutura, instalações hidráulicas e elétricas que foram observadas na visita técnica.

Histórico:

A visita técnica foi realizada no dia 16 de abril de 2007, no período noturno, na EE Dr. Pedro Moraes Victor, localizada na Rua Boaventura Coletti s/nº. (travessa da Rua Antônio de Mecina) ou na Rua Carlos Martel, 11. Essa escola estadual se encontra no bairro Jd. Ataliba Leonel e no distrito do Tremembé, São Paulo-SP.
O projeto de instalação hidráulica foi realizado pelo projetista Jorge L. P. e como desenhista o S. Filho, sendo o responsável o engenheiro elétrico e civil Eurico Freitas Marques.
O projeto de instalação elétrica foi realizado pelo Eng° Elétrico e Civil Eurico Freitas Marques
O projeto Executivo de Arquitetura foi realizado pelo Engº Leo Annunziata
O prazo de execução foi de 180 dias e o início de funcionamento da escola foi no inicio de 2006.

Conforto Funcional

Desenvolvimento
Os ambientes da escola estão distribuídos da seguinte forma:

Planta Nivel 100,25
15 salas de aula e 2 salas de apoio ao estudo.

Planta Nivel 97,00
Refeitório, sala de informática, laboratório, sala de leitura e 2 blocos de sanitários.

Planta Nivel 93,75
Área administrativa.

Planta Nivel 92,40
Quadra poli esportiva e 2 blocos sanitários.

A área da Administração fica longe das salas de aula (administração no nível 93,7 e as salas de aula no nível 100,25, portanto se houver algo nas salas de aula dois lances de escada e lado oposto), existem duas rampas para cadeirante uma na entrada da escola e a outra pela quadra de esporte, porém para ir até as salas de aula que ficam no 2º piso existe somente acesso pelo elevador, localizado ao lado da administração, lado oposto da entrada principal e distante do acesso pela quadra. Na quadra não tem arquibancada.

Os banheiros ficam distante das salas de aula, tem um para cadeirante, porém a porta de entrada não tem as medidas para acesso de cadeirante; tem 2 bebedouros que ficam ao lado dos sanitários
A biblioteca, laboratório, espaço de arte e sala de informática ficam próximos.
Salas de aula com capacidade para 40 alunos, os mobiliário é composto por mesas e cadeiras separadas e mesa do professor.
Escadas com piso tateo no inicio e fim.
Para o funcionamento e manutenção desta escola há 5 funcionários administrativos incluindo a diretora e 4 funcionários para limpeza, sendo dois no período da manhã/tarde e dois para tarde/noite;

Conclusão:

A área livre da escola deveria ser melhor aproveitada, a escola é pouco funcional.
O relacionamento entre os ambientes deve atender os acessos e fluxos de usuários de forma eficiente e na escola visitada percebemos que isso não foi levado em consideração, pois os banheiros ficam longe das salas para o aluno chegar tem que descer um lance de escada.
Há um grande numero de alunos para os sanitários e refeitório existentes.
Evitar a lotação das salas de aula e assim ter um melhor aproveitamento do ambiente.
As rampas existentes deveriam ser próximas do elevador e também deveria haver rampa para o 2º piso, assim se houvesse falta de energia os cadeirantes chegariam nas salas de aula.

CONFORTO TÉRMICO

Itens avaliados:
– Capacidade de amenizar a radiação solar no edifício como um todo

Salas de Aula:
1º - Incidência Lateral de raios solares com “brises” em madeira (ângulo inadequado).
2º - Lateral das salas com esquadrias (+vidro) sem nenhum tipo de proteção a incidência de raios solares.
3º Teto e piso sem barreiras térmicas.
4º Paredes externas sem revestimento de argamassas, maior condutividades térmica.
Características relatadas (diretora e professora): Frio extremo no inverno e calor excessivo no verão.

- Controle da ventilação.

1º - Não possui circuladores de ar.
2º - Espaço físico inadequado a quantidade de alunos.
3º - Espaço “vão” de circulação e entrada de ar nas salas na lateral (alvenaria) , sem distribuição homogênea na sala de aula.
4º- Não possui anteparos para controle de ventilação, visto que os “brises” não tem este objetivo.

Nota: A iluminação artificial nas salas de aula não interfere no conforto térmico das salas de aula.

- Quanto à definição da forma e materiais de cobertura.

Corredores:
1º - Incidência Lateral de raios solares.
2º - Cobertura de telhas metálicas sem atenuador de calor.
3º - Vãos de abertura laterais que permitem a circulação de ar frio.
Quadra:
1º - Incidência Lateral de raios solares
2º - Cobertura de telhas metálicas sem atenuador de calor.
3º - Vãos de abertura laterais que permitem a circulação de ar frio.
Refeitório / Pátio
1º - Incidência Lateral de raios solares
2º - Cobertura de telhas metálicas sem atenuador de calor.
3º - Vãos de abertura laterais que permitem a circulação de ar frio.
4º - Grande concentração de alunos em períodos comuns.

Conclusão:

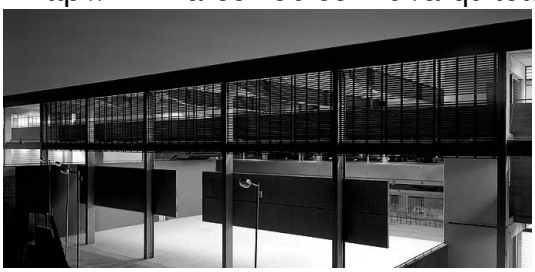
- Implantação / Substituição dos "brises" existentes por "brises" adequados com angulação correta.
- Implantação/Substituição das telhas existentes, por telhas com proteção/atenuador térmico à base de silicato de cálcio, sílica diatomácea ou poliestireno expandido com película refletiva.
- Fechamento de laterais para atenuação de circulação de ar frio.
- Fechamento das laterais com vitrais com sistema vasculante de abrir e fechar para privilegiar ou conter ventilação.
- Implantação de circuladores de ar nas salas de aula.
- Colocação de cortinas na sala de aula.
- Utilização de isolantes térmicos pré-moldados de silicato de cálcio ou sílica diatomácea.
- Adaptação de paredes duplas para isolamento tanto acústico quanto térmico.
- Utilização de pisos de madeiras para melhor conforto térmico no verão e inverno nas salas de aulas.

- Revestir as paredes externas das salas de aulas com argamassa para aumentar a barreira contra condutividade térmica por incidência solar.
- Utilizar como blocos de vedação, materiais cerâmicos, pois tem baixa condutividade térmica.
- Utilizar nos vidros de salas de aula películas refletoras de raios solares.
- Utilizar nos tetos das salas de aulas forros, com funções de isolantes térmicos para conter condutividade térmica das telhas e lajes, auxiliando na acústica dos ambientes, ex: placas de DRY WALL, gesso ou PVC.

Conforto Visual
Desenvolvimento

A escola possui quinze salas de aula, duas salas de reforço, uma biblioteca, uma sala de informática e um laboratório. Há iluminação artificial em toda a escola. As salas possuem lâmpadas fluorescentes, na área externa foi observada iluminação com lâmpada de vapor de sódio e na quadra de esportes lâmpada de vapor metálico.
As lâmpadas ficam ligadas durante todo o dia nas salas de aula e setores administrativos.
Na quadra há dois painéis com desenhos de grafite que dificultam a passagem da luz solar.
Em certas ocasiões do dia há problemas de ofuscamento causado pela luz do sol no setor administrativo.
As paredes das salas não são claras até o teto em função de pilares e vigas aparentes.
Nos corredores há brises de madeira que facilitam a passagem da luz solar e bloqueiam a incidência direta da luz solar.

Escola ao anoitecer.
http://www.arcoweb.com.br/arquitetura



Corredor da escola.
http://www.arcoweb.com.br/arquitetura

Conclusão

Evidenciamos que o aproveitamento da luz solar é importante para reduzir o consumo de energia elétrica. A área de corredores e pátios, com brises, mostra a intenção dos projetistas, além de criar um efeito visual diferenciado.
Devido a topografia do terreno, consideramos a orientação do prédio e a distribuição das salas, satisfatórias. Embora, conforme relato, em certos períodos a luz solar incidisse diretamente nas salas de aulas e áreas administrativas. Anteparos seriam uma alternativa para este problema.
Paredes e tetos das salas tendendo a cor branca melhoram o fator de refletância, melhorando assim a sensação de “claridade” do ambiente.

Conforto Acústico

Desenvolvimento:
Unidade Escolar com 15 salas de aula, 2 salas de reforço, biblioteca, sala de informática e laboratório, área administrativa, quadra poliesportiva.

Elementos observados:
Escola projetada sem qualquer tipo de barreira acústica
Projeto sem qualquer tipo de tratamento acústico

Vão central para a quadra, sem elementos acústicos que impossibilitem a interferência dos sons durante as atividades esportivas com as salas de aula.
Sala de cinema sem tratamento acústico, sendo utilizada folhas de papel Craft para impedir a interferência de luminosidade.

Salas de aula com abertura para a ventilação voltada para o corredor, o que causa interferência acústica entre os ambientes.

Conclusão:

Barreiras Acústicas nas áreas externas, tais como arborização, brises luxalon

Na sala de aula: utilizaríamos dry wall acústico para interferir em menor escala com os outros ambientes

A quadra esportiva, por questão do barulho excessivo seria localizada em área fora das salas de aula, o que melhora o som que foge ao controle em qualquer esporte.

A biblioteca ficaria próxima da área administrativa para melhor controle do barulho.

Instalações Hidráulicas

Desenvolvimento:

Por meio da vista técnica detectou-se que a construção possui as seguintes instalações hidráulicas:

- instalação de água fria;
- instalação de esgoto;
- instalação de água pluvial;
- instalação de combate ao incêndio;
- instalação de gás.

Foi observado que:

Havia dois sanitários (um feminino e um masculino) para o uso dos alunos. Estes sanitários possuíam ao todo: dezessete vasos sanitários com sistema de descarga com válvula acionante; um mictório coletivo com despejo em calha metálica; dois lavatórios coletivos com quatro torneiras cada um; além de quatro torneiras de limpeza, para manutenção da higiene local;

Havia ainda, um bebedouro coletivo com seis torneiras;

Na área de prática de esportes em geral, havia dois bebedouros coletivos com um total de seis torneiras; dois sanitários (um feminino e um masculino) possuindo dois vasos sanitários e quatro lavatórios ao todo, além de um tanque para outras utilizações.

Na área da cozinha e cantina havia sete pias no total. Em uma outra área havia duas pias.

Na área administrativa havia duas pias e quatro sanitários, com um total de seis lavatórios e seis vasos sanitários.

A escola se utiliza de água fornecida pela concessionária Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) por meio de uma rede já existente na região. Por esse motivo não foi necessário um projeto de utilização de poços artesianos.

O reservatório de água que abastece a escola se encontra no primeiro piso, em uma área um pouco mais elevada devido ao desnível existente do terreno. O reservatório é dividido em duas partes. O reservatório foi construído com anéis de concreto armado pré-moldado.
As instalações de água fria abastecem 14 ambientes diferentes sendo que ao todo possui 77 pontos de atendimentos que estão bem posicionados. O material utilizado nas partes aparentes: ferro galvanizado para os tubos e conexões.
Na escola não existe instalações de água quente.
A Sabesp é a coletora do esgoto da escola, que é conduzido por um sistema de esgoto, por esse motivo não foi necessário o desenvolvimento de um projeto ETE (estação de tratamento de esgoto). O material utilizado na instalação de esgoto nas partes aparentes: ferro fundido para os tubos e conexões.
O sistema de captação e condução de água pluvial foi dimensionado para levar a água da chuva da cobertura até as caixas de inspeção. As descidas dos tubos de quedas são aparentes e fixadas nos pilares. Os caimentos atendem aos requisitos de projeto: mínimo de 1,5% para calhas e de 5% para telhas metálicas. O material utilizado na instalação de água pluvial nas partes aparentes ferro fundido para os tubos e conexões.
Na visita foi verificado uma a interdependência entre dois sistemas: o hidráulico e o estrutural, devido à previsão dos espaçamentos no sistema estrutural necessários para a passagem das tubulações do sistema hidráulico da construção.
Algumas fotos de instalações hidráulicas da escola, tiradas no dia da visita:

Considerações:

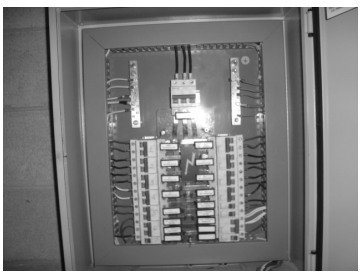
Por meio da visita técnica a escola e da observação dos projetos, foi verificado que a instalação hidráulica da construção foi dimensionada e posicionada de maneira correta.
Como melhorias para a escola poderiam ser adotadas as seguintes medidas:
- Ampliação da quantidade de torneiras nos bebedouros e nos lavatórios para atender de maneira adequada a demanda dos alunos;
- Inserção de equipamentos de prevenção de incêndio para que as instalações de prevenção de incêndio possam ser utilizadas adequadamente em algum caso de emergência;
- Utilização de vasos sanitários com sistema de “caixas acopladas”, que diminuiriam a quantidade de litros de água utilizados todos os dias;
- Verificação através de estudo de viabilidade a criação de um sistema de reutilização das águas pluviais;
- Em termos sociais, melhoramento dos sanitários para deficientes com acréscimo de novos suportes de apoio fixados nas paredes para melhor locomoção dos usuários.

Instalações Elétrica

Unidade consumidora: Unidade Escolar com 15 salas de aula, 2 salas de reforço, biblioteca, sala de informática e laboratório.

Entrada de Serviço de energia Elétrica: Concessionária: AES Eletropaulo.
Tensão: 220V / 127V.

Relação de Instalações:
Nas áreas externas foram observadas iluminação com lâmpadas de vapor de sódio de 150W;
Iluminação da quadra de esportes com lâmpadas de vapor metálico de 250W;
As áreas internas como: administração, diretoria, salas de aula, corredores, sanitários, cozinha, cantina, refeitório e salas de apoio são iluminadas com lâmpadas fluorescentes.
Nas salas de aula há oito pontos de luz no teto com 2 lâmpadas fluorescentes;
Há um ponto de tomada baixa de 110V e um ponto de tomada alta de 110V nas salas de aula.
Áreas como administração, diretoria e sala de informática possuem tomadas especiais para computadores;
Na cozinha e cantina há pontos de tomadas de 110V e 220V para utilizar eletrodomésticos;
Na escola há um sistema de alarme de incêndio e pontos de iluminação de emergência;
Os Quadros de Luzes estão posicionados nos corredores;
Há um sistema de proteção para descargas atmosféricas;
Nas áreas externas: a instalação é aparente, com eletrodutos metálicos que passam entre os pilares (interferência na estrutura – furação nos pilares);
Na sala de aula: as instalações são embutidas, com 2 pontos para tomadas e 8 pontos de iluminação (lâmpadas fluorescentes branca);
Elevador para deficientes físicos.
Algumas fotos de instalações elétrica da escola, tiradas no dia da visita:



Conclusão:
Observando as instalações elétricas da escola conclui-se que o projeto de instalações elétricas foi elaborado considerando: o ambiente, localizando o número e o tipo de iluminação e os pontos de utilização de energia elétrica para a utilização de equipamentos.
Os caminhamentos dos condutores foram executados observando as interferências da estrutura, prevendo-se furos nos pilares. Dimensionamento, definição do tipo e da

localização dos dispositivos: de proteção, de comando, de medição de energia elétrica, foram feitos.

Estrutura

Desenvolvimento:

Estrutura: A estrutura observada é do tipo mista (concreto + estrutura metálica), onde são utilizados pilares, vigas e lajes pré-moldadas de concreto para o corpo principal e perfis metálicos na sustentação e formação dos mezaninos e cobertura.
Pilares: Os pilares apresentam 60cm de largura, 25cm de espessura e aproximadamente 10m de comprimento, recebe as vigas, também de concreto pré-moldado, de aproximadamente 90cm de largura, 25cm de espessura, com comprimentos variados, de acordo com a necessidade do vão a ser vencido.
Vigas e lajes: Nas vigas são apoiadas as lajes, também de concreto pré-moldado, de aproximadamente 20cm de espessura, 1m de largura e comprimento variando conforme o vão, por onde passa algumas tubulações dos sistemas hidráulico, elétrico e de lógica.
Perfis: Foi possível observar três grandes perfis metálicos em formato I, dispostos horizontalmente na parte superior de um vão existente na quadra poliesportiva. Esses perfis, com aproximadamente 1m de altura, sustentam a estrutura do mezanino através de tirantes metálicos. A estrutura do mezanino, além de ser atirantada em toda a sua região central, é fixada nos pilares laterais através de parafusos.
Cobertura: A cobertura encontra-se apoiada em perfis metálicos dobrados, que apresentam formatos variados e esbeltos, em função da leveza das telhas metálicas utilizadas.
Fundação: Durante a visita, não foi possível analisar o tipo e características da fundação utilizada no empreendimento.
Interferências: Uma das interferências observadas é a utilização de furos existentes nos pilares para a passagem de eletrodutos de aço galvanizado. Os pilares também servem para a fixação de tubulações do sistema pluvial, de energia elétrica e lógica. Os pilares, por estarem localizados em cantos e meios de paredes, não interferem na funcionalidade das salas de aula, porém influenciam diretamente no posicionamento de corredores e acessos entre os diversos ambientes da escola.
Algumas fotos da estrutura da escola, tiradas no dia da visita:

Conclusão:

A visita foi de grande valia, pois possibilitou a vivência dos aspectos abordados em sala de aula, proporcionando elementos para a realização do trabalho proposto e a análise crítica do empreendimento visitado. Foi possível também, observar a inter-relação entre os diversos segmentos envolvidos no presente estudo.

Anexo 4: Questionário de avaliação

Avaliação CPCC3 professores Bispo e Valéria
1 semestre 2007

Caros alunos
A componente curricular CPCC3 (projeto de construção civil 2) tem como competências:
1- Identificar e analisar soluções de projeto para o conforto térmico, conforto luminoso, conforto acústico, conforto funcional, a estrutura, hidráulica e elétrica.
2- Elaborar estudos de projeto considerando as interferências dos diversos campos de estudo.
3- Selecionar e classificar soluções de projeto.
4- Planejar e organizar o tempo de atividades.
5- Elaborar memoriais, atas de reuniões e relatórios técnicos.
6- Expressar de forma verbal pontos de vista, conclusões e relatórios.

Para desenvolver estas competências os Problemas propostos foram:
1 – A necessidade de desenvolver um projeto considerando os diversos profissionais envolvidos. Como trabalhar em equipe?
2 – No projeto de edifícios existem interferências de diversos campos. Como reconhecer as interferências de diferentes aspectos do projeto?
3 – A tomada de decisão requer uma avaliação das interferências e a escolha de uma solução de compromisso. Como escolher e apresentar o estudo preliminar de projeto demonstrando que esta solução é a "melhor"?

Agora é o momento de avaliação por parte de cada aluno desta componente curricular. Portanto as respostas deste questionário têm por objetivo a análise do desenvolvimento de cada competência de modo a **identificar acertos e falhas no processo de ensino e aprendizagem**. Considera-se que esta avaliação não é um momento final do processo educativo, isto é, a resposta deste questionário **não tem por objetivo julgar** de maneira categórica a aquisição da competência ou não pelo aluno. Não se trata de uma avaliação quantitativa, esta já foi realizada e encerrada durante todo o semestre, portanto as respostas servem para realimentar o processo de ensino dos professores e devem ser feitas com a **máxima honestidade**, pois disto depende a melhoria do ensino.

Dados Pessoais			
Nome			
Data de Nascimento		Estado Civil	
Filhos: Não( )		S( ) Idade dos filhos	
Motivos que o levou ao curso de Tecnologia de Gestão de Construção Civil ( ) Duração do curso ( ) Ensino Gratuito ( ) Ensino no período Noturno ( ) Busca por uma nova área profissional ( ) Aprimoramento na área profissional de atuação ( ) outros quais:			
Experiência profissional (comece pela atual)			
Descrição		Empresa	Duração

Formação Escolar		
Formação	Descrição	Duração/ Ano de conclusão
Ensino médio		
Supletivo		
Graduação		
Outros cursos		

Questões com escala de valor – avaliação da componente curricular

Você encontrará várias afirmativas que, de um modo geral, refletem a compreensão de alguns conteúdos da componente curricular. Ao lado de cada uma, existe uma escala na qual você deverá assinalar com um X a alternativa que melhor expressa sua opinião sobre ela. O código é o seguinte:

CP	Concordo plenamente
C	Concordo
NO	Não tenho opinião ou estou indeciso
D	Discordo
DT	Discordo totalmente

Sempre que possível, evite usar a alternativa NO. Leia, com atenção, cada afirmativa antes de expressar sua opinião.

O uso da metodologia axiomática permitiu o reconhecimento das interferências dos diversos campos	CP	C	NO	D	DT
Os exemplos avaliados por especialistas facilitaram a escolha de um estudo preliminar	CP	C	NO	D	DT
Os resultados da visita técnica foram utilizados na elaboração dos estudos preliminares	CP	C	NO	D	DT
Consigo reconhecer a importância do uso da metodologia de projeto axiomático	CP	C	NO	D	DT
O uso da metodologia de projeto axiomático permitiu um planejamento do grupo no desenvolvimento do estudo preliminar	CP	C	NO	D	DT
A visita técnica permitiu reconhecer possíveis falhas de projeto	CP	C	NO	D	DT
Consigo explicar a proposta de metodologia de projeto axiomático	CP	C	NO	D	DT
O mapeamento apresentado pelos professores direcionou o meu estudo na minha área temática	CP	C	NO	D	DT
O uso de exemplos (gerais) foi indispensável para a compreensão de conteúdos	CP	C	NO	D	DT
Considero que o tempo foi suficiente para elaboração dos trabalhos	CP	C	NO	D	DT
Consigo utilizar a metodologia de projeto axiomático com um pouco de supervisão	CP	C	NO	D	DT
Os exemplos avaliados por especialistas direcionaram o desenvolvimento dos estudos preliminares	CP	C	NO	D	DT
As hierarquias de projeto apresentadas pelos professores facilitaram a compreensão da importância e das definições de cada área temática.	CP	C	NO	D	DT
Consigo analisar a aplicação da metodologia de projeto axiomático e reconhecer pontos que devem ser revistos	CP	C	NO	D	DT
A visita técnica foi fundamental para reconhecer o contexto em que se insere o projeto	CP	C	NO	D	DT
Consigo planejar e elaborar um projeto com a metodologia de projeto axiomático	CP	C	NO	D	DT
Os exemplos avaliados por especialistas mostraram o que não se deve escolher no desenvolvimento dos estudos preliminares.	CP	C	NO	D	DT
Acredito que os trabalhos sairiam melhores se houvesse mais tempo	CP	C	NO	D	DT
Consigo justificar e recomendar o uso da metodologia de projeto axiomático	CP	C	NO	D	DT