

OTIMIZAÇÃO DE PROJETOS DAS ESCOLAS DA REDE ESTADUAL DE SÃO PAULO CONSIDERANDO CONFORTO AMBIENTAL

**Valéria A. C. da Graça (1); Doris C. C. K. Kowaltowski(2); João R. D. Petreche(3);
Cheng Liang Yee (3)**

(1) UNICAMP – Fac. de Engenharia Civil, R. Leonardo da Vinci, 230.

CEP 06700-000. Cotia, São Paulo, S.P. Fone (11) 9757 7953. E-mail: valeria_collet@uol.com.br

(2) UNICAMP – Departamento de Arquitetura e Construção, CP. 6021.

CEP 13083-970, Campinas, S.P.

(3) USP - Departamento de Engenharia de Construção Civil - Av. Prof. Almeida Prado, 270 - Trav.2 -
Cidade Universitária - São Paulo – SP, CEP 05508-900

RESUMO

Muitos prédios escolares possuem falhas relacionadas a questões de conforto ambiental o que permite considerar que os parâmetros atuais de projeto e sua avaliação necessitam de uma visão mais criteriosa. Esta pesquisa contribui para a avaliação/otimização de projeto escolar da rede estadual de ensino, na fase de anteprojeto, considerando parâmetros de conforto ambiental. O objetivo da avaliação/otimização de projeto é maximizar e qualificar diversas soluções de projeto em relação a diferentes aspectos do conforto ambiental. Foram considerados para cada aspecto de conforto parâmetros específicos. Os parâmetros de conforto ambiental são conflitantes, ou seja não é possível maximizar todos os confortos ao mesmo tempo, mas sim encontrar um conjunto de soluções de projeto onde alterando-se parâmetros de um conforto para melhor prejudica-se o outro. A metodologia desenvolvida foi aplicada a vários projetos de escolas da rede pública estadual de São Paulo. Os resultados mostram que não existe um projeto ideal/otimizado mas um conjunto de soluções de compromisso de conforto ambiental. A aplicação desta metodologia na fase de anteprojeto possibilitará o aumento de conscientização em relação a importância dos parâmetros de conforto ambiental.

ABSTRACT

Many School buildings in Brazil have environmental comfort problems. This situation allows us to reflect on the design parameters used. This paper describes an effort to create an optimization method to be applied at the preliminary design stage to reduce the environmental comfort problems and thus improve teaching spaces. The optimization goal is to maximize and qualify within a group of design, the several environmental comfort aspects. Specific comfort parameters were considered for each comfort aspect. Generally thermal, acoustic, visual and functional parameters conflict, therefore it is difficult to maximize all of them, but one can find a set of design solutions that satisfies to certain degree all the separate comfort parameters. This paper demonstrates the possibility of applying such a methodology to typical school designs used in the public state system. The use of an optimization evaluation shows an increase consideration of environmental comfort parameters during design and thus an expectation in the increase in comfort quality.

1. INTRODUÇÃO

O projeto arquitetônico de escolas para ensino da rede estadual é padronizado pela Fundação para o Desenvolvimento Educação (FDE). O programa arquitetônico é estipulado pela modulação em função de salas de aula. Os ambientes são padronizados considerando-se as dimensões, exigências ambientais, instalações, equipamentos e componentes básicos. A partir desta padronização o projetista organiza o espaço dentro de um determinado terreno considerando a legislação vigente do local. Nota-se que o projetista usa pouco material de referência enquanto cria a forma, limitando-se a códigos e algumas

listas de checagem e as avaliações como simulação e otimizações são raramente aplicadas ao projeto (KOWALTOWSKI e LABAKI, 1993; CHVATAL ET AL, 1998).

Através de avaliações pós ocupação de edifícios escolares da rede estadual de São Paulo, verificam-se problemas referentes a condições de conforto ambiental (KOWALTOWSKI ET AL, 1999). Este fato fez surgir a possibilidade de se pensar em ambientes educacionais considerando-se critérios de avaliação que incluem parâmetros mais rigorosos de conforto. Esta pesquisa contribui com a avaliação/otimização de projeto escolar através do exame das construções escolares e identificação de alternativa para o modelamento de parâmetros na fase de anteprojeto.

2. METODOLOGIA E AVALIAÇÃO DE PROJETO

As metodologias utilizadas para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos, geralmente, consistem em análise e síntese, em tentativas e erros. Muitas vezes o projeto é considerado e tratado de forma empírica, não sendo constatado o desenvolvimento de uma metodologia genérica que possibilite o compartilhamento do processo, das informações e das avaliações (SUH, 1998). Relatada por vários autores a complexidade do campo projetivo arquitetônico: situa-se num campo intermediário entre Ciência e Arte tendo que responder à questões não perfeitamente definidas permitindo múltiplas abordagens; possui subáreas que se desenvolvem de maneira independente cada uma com um tipo de dialeto, sendo necessário integrá-las na concepção do projeto (DÜLGEROGLU, 1999; FERNANDES, 1998; BARROSO-KRAUSE, 1998). Assim, há dificuldades em enquadrar as características do processo projetivo arquitetônico em metodologias visto que o processo de criar formas é na sua maioria informal, individual ou pertencente à escolas com regras estéticas.

O projeto arquitetônico faz parte da família de processos de decisão podendo-se considerar as principais fases que traduzidas pela prática profissional se dividem em programa, projeto, avaliação e decisão, construção e avaliação pós-ocupação. Sendo que em cada fase podem ser realizadas uma série de atividades. Na rotina dos escritórios de arquitetura verifica-se a divisão da fase de projeto em croquis, anteprojeto e projeto. Assim pode-se admitir um modelo geral de processo de projeto:

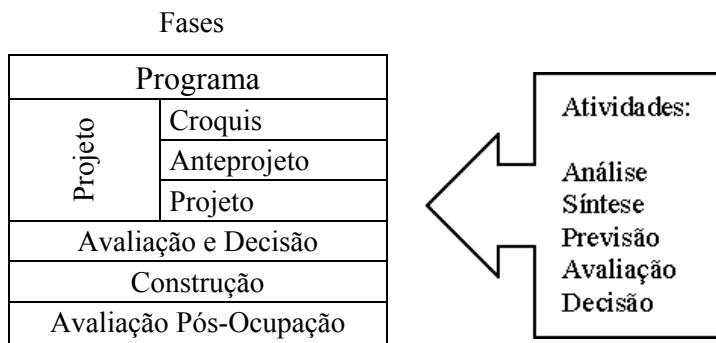


Figura 1. Modelo geral de processo de projeto baseado em Lang (1987) e Barroso-Krause(1998)

A avaliação de projeto tem sido feita de um modo geral, considerando-se métodos que englobam *checklists*, a seleção de critério, classificação e atribuição de pesos, especificações escritas e índices de confiabilidade (JONES, 1980). Nos últimos anos, a complexidade do projeto e da avaliação da qualidade ambiental das construções, tem aumentado por diversas razões: avanço rápido da tecnologia; aumento da importância do prédio como um facilitador da produtividade, da troca de informações e do controle humano; necessidade de criação de ambientes sustentáveis. Esta complexidade fez com que o uso computacional, para a avaliação do desempenho dos prédios, entrasse no processo como ferramenta de suporte ao projeto, verificando-se na fase de avaliação, o crescente surgimento de ferramentas de simulação. Tais ferramentas permitem aos projetistas avaliarem o impacto do projeto em diferentes campos (WONG ET AL, 2000).

Observa-se que a maioria das ferramentas de simulação foram desenvolvidas para usos específicos. As maiores deficiências são que geralmente produzem uma série de informações de vários aspectos do desempenho de apenas uma solução de projeto e não proporcionam informação de como comparar diversas soluções ou seja, não garante que as melhores soluções sejam identificadas (BALACHANDRA, 1996). Estes problemas tendem a serem solucionados através do uso de sistemas

integrados, de adaptações de programas a realidade de cada contexto em que for utilizado, dos avanços tecnológicos e de novas maneiras de se conceber o processo de projeto.

A crescente preocupação com fatores ambientais fez surgir a avaliação do desempenho ambiental dos edifícios, indicando medidas para a redução de impactos através de alterações na forma como os edifícios são projetados, construídos e gerenciados ao longo do tempo. Estes modelos geralmente se baseiam em checklists e podem ser utilizados como auxílio ao projeto, embora não tenham sido desenvolvidos com esta finalidade (SILVA, 2000). Esta pesquisa pode ser inserida na avaliação do desempenho da edificação, considerando-se questões relativas à qualidade do ambiente interno nos aspectos relacionados ao conforto ambiental. Procura-se avaliar e comparar projetos através de parâmetros acústicos, térmicos, luminosos e funcionais.

4. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE PROJETO COM OTIMIZAÇÃO MULTICRITÉRIO DE PARÂMETROS DE CONFORTO AMBIENTAL

O propósito principal da teoria de otimização é ajudar o projetista na seleção de um projeto que pertence a um conjunto de soluções viáveis ao problema, proporcionando direcionamento ao processo de decisão através da comparação entre os projetos. As raízes da otimização multicritério surgiram na economia. A primeira definição de ótimo foi estabelecida por Edgeworth em 1881 onde para dois consumidores P e π é necessário encontrar um ponto (x,y) de tal forma que em qualquer direção que este ponto se move, P e π não melhoram juntos ou seja, enquanto um aumenta o outro diminui. Esta situação de compromisso também é chamada de decisão ótima de “Edgeworth-Pareto”. Na otimização multicritério é necessário encontrar o conjunto de soluções de projeto não-inferiores onde dois critérios não melhorem juntos. Assim divide-se as soluções de projeto em conjuntos que possuem compromisso e em conjuntos sem compromisso (STADLER E DAUER, 1992).

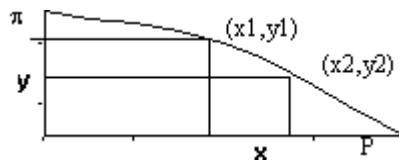


Figura 2. Definição de ótimo em um problema de otimização multicritério.

4.1 Tipologia de Prédios de Ensino da Rede Pública Estadual e Tamanho do Terreno

A forma do edifício influencia os parâmetros de conforto ambiental nos seus vários aspectos. A diversidade de projeto de prédio escolar da rede estadual, possibilita a identificação de modelos através da consideração da forma dos edifícios. A definição da amostra para o desenvolvimento desta pesquisa, iniciou-se com quarenta projetos de edificação escolar, sendo que 15 foram objeto de avaliação pós-ocupação (KOWALTOWSKI ET AL, 1999) e 25 são projetos da década de 90 (FDE, 1998). Verificou-se que a forma de uma edificação escolar está estreitamente relacionada à concepção funcional da relação entre sala de aula e espaço de circulação. Pela avaliação dos projetos da amostra distingue-se sete modelos:

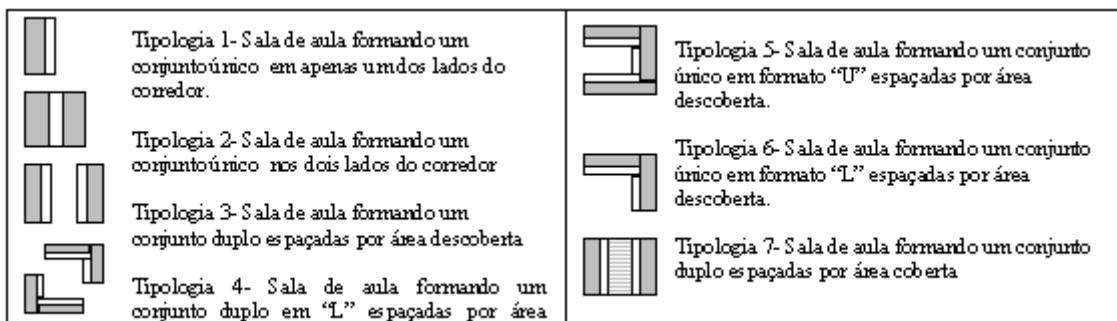


Fig. 3 – Tipologias de prédios escolares

O tamanho do terreno, a topografia, o microclima da região e o entorno também podem influenciar o projeto arquitetônico. Nesta pesquisa simplifica-se o modelo de avaliação considerando-se o tamanho mínimo de terreno. Considera-se que terrenos fora dos limites mínimos podem influenciar fortemente

o partido de projeto, impedindo-se assim, a solução otimizada. Para delimitar-se o tamanho do terreno foram considerados três parâmetros, a largura, o comprimento e a razão entre largura e comprimento. As escolas foram agrupadas de acordo com o número de salas de aula.

Tab 1: Dimensões mínimas do terreno

Escolas	Comprimento (mínimo)	Largura (mínimo)	Razão (L/C) (mínima)
4-6 salas	40	38	0,41
7-12 salas	65	38	0,36
13-15 salas	65	38	0,48
16-18 salas	70	40	0,48
19-21 salas	108	53	0,48

4.2 Qualificação e Quantificação de Parâmetros de Conforto Ambiental

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 da Teoria de Sistemas Nebulosos (Fuzzy). A teoria foi postulada com a finalidade de processar as informações subjetivas, de natureza vaga e incerta, características que encontramos na linguagem natural dos seres humanos (CHENG,1997). No conjunto geral de respostas teremos a função de pertinência de cada resposta através da figura 3:

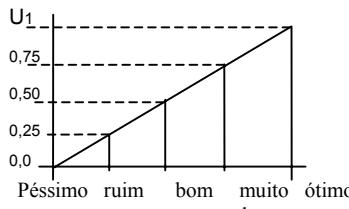


Figura 3. Função de pertinência da escala semântica aplicada à parâmetros de conforto luminoso, acústico e térmico

Quanto ao conforto funcional foram realizadas medições que foram convertidas para escala semântica.

4.3 Parâmetros de Conforto Térmico

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

Tab. 2 Grau de Pertinência de algumas variáveis de projeto para conforto térmico

Grau de Pertinência para o Conforto térmico em função da orientação e da ventilação predominante das aberturas							
Posição das aberturas	N	↓	N ←	→ N	N →	N	↓
Abertura em parede Protegida por corredor	0,25	0,38	0,38	0,25	0,50	0,38	0,50
Abertura em parede oposta ao corredor	0,25	0,25	0,00	0,25	0,38	0,63	0,25
Legenda:	↑ seta indicativa da posição NORTE						↖ seta indicativa do VENTO PREDOMINANTE

As primeiras considerações que são usualmente feitas pelo projetista tratam da orientação solar e da ventilação através da localização das aberturas dos ambientes que compõem o programa de projeto. No caso de orientação são verificadas as orientações norte, sul, leste, oeste e as posições intermediárias

e no caso da ventilação são consideradas a direção predominante do vento em relação a orientação do ambiente e das aberturas (ventilação cruzada em diferentes posicionamentos) Até o momento foi realizado a entrevista com um especialista o que possibilitou um pré teste, obtendo-se, conforme tabela 2, os seguintes graus de pertinência para algumas variáveis de projeto:

Cada escola foi qualificada e quantificada através da média das salas de aula. Por exemplo: na escola EEPG BAIRRO LIMOEIRO localizada em Guzolândia, observa-se a existência de cinco salas de aula com orientação Nordeste e aberturas em parede oposta ao corredor, portanto grau de pertinência 0,50.

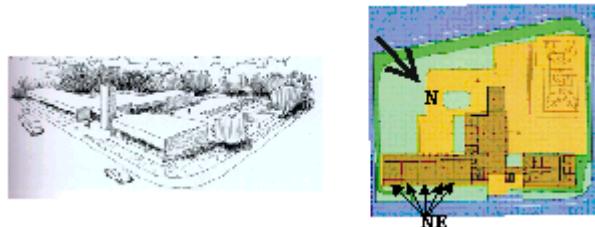


Figura 4. Exemplo de avaliação de conforto térmico

4.4 Parâmetros de Conforto Acústico

As falhas decorrentes de problemas acústicos em relação a forma se relacionam ao posicionamento de ambientes geradores de ruídos em cada tipologia. As soluções para este tipo de problema consiste na aplicação de materiais acústicos isolantes e fechamento de aberturas como portas e janelas. 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. Observa-se que pode-se considerar como parâmetro, a proximidade da área recreativa (pátio coberto ou quadra) à sala de aula de acordo com a tipologia do projeto e do andar que a mesma se localiza. Até o momento foi realizado a entrevista com um especialista o que possibilitou um pré teste, com os seguintes graus de pertinência :

Tab. 3 Grau de Pertinência de algumas variáveis de projeto para conforto acústico

Localização da área recreativa	G.P.	Pav.	Localização da área recreativa	G.P.	Pav.
 Área recreativa em frente ao corredor que dá acesso às salas de aula. (tipologia 1 e 2)	0,37	T	 Tipologia 4 idem tipologia 3	0,00	T
	0,37	1		0,00	1
	0,37	2		0,00	2
 Área recreativa próxima a um dos cantos do corredor (tipologia 1 e 2)	1,00	T	 Tipologia 5 idem tipologia 3	0,25	T
	1,00	1		0,25	1
	1,00	2		0,25	2

Cada escola foi qualificada e quantificada através da média das salas de aula. Por exemplo, na figura 5 a escola Vila Ayrosa localizada em Osasco, observam-se 7 salas no 1º Pavimento com um tipo de localização e 5 salas no 2º pavimento com outro tipo.

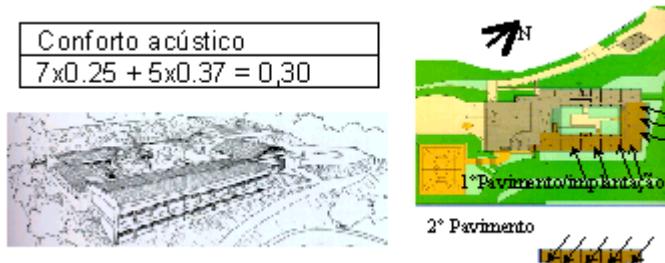


Figura 5. Exemplo de Avaliação de Conforto Acústico

4.5 Parâmetros de Conforto Luminoso

A utilização correta da iluminação natural nos climas tropicais úmidos reduz de forma significativa a utilização de luz elétrica, pois este clima permite a iluminação natural durante quase todo o período diurno anual. Uma iluminação natural correta melhora a satisfação do usuário e diminui o consumo de energia. Ambientes idênticos possuem iluminação diferenciada de acordo com a orientação das fachadas (SCARAZZATO, 1996). Um dos fatores que contribui para conforto luminoso e que modifica a forma do projeto, portanto de relevância na fase de anteprojeto, é a orientação das fachadas dos ambientes. Verifica-se também que o formato do ambiente de sala de aula influencia a iluminação natural. Um parâmetro influencia o outro, ou seja uma sala com boa orientação será prejudicada por um formato inadequado, assim sendo estas variáveis são qualificadas e quantificadas em conjunto pelo especialista. Até o momento foi realizado a entrevista com um especialista o que possibilitou um pré teste de avaliação para os projetos considerados, com os seguintes graus de pertinência:

Tab. 4 Grau de Pertinência de algumas variáveis de projeto para conforto luminoso

Posição das aberturas	Grau de Pertinência para o Conforto Luminoso em função da orientação e das aberturas do formato da sala							
	N ↑	N ↓	N ←	→ N	N ↗	↗ N	N ↘	↘ N
Abertura em parede Protegida por corredor	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Abertura em parede oposta ao corredor	0,87	0,25	0,00	0,25	0,25	0,25	0,00	0,25

Cada escola foi qualificada e quantificada através da média das salas de aula. Por exemplo: a escola EMEF Prof. João Sant'Anna possui 5 salas com aberturas em parede oposta ao corredor, sendo que 4 salas com orientação Norte, portanto grau de pertinência 0,25 e 1 sala com orientação Sul, portanto grau de pertinência 0,87. Através da média das salas de aula, verifica-se que o grau de pertinência deste projeto para o conforto luminoso é de 0,37.



Figura 6. Exemplo de Avaliação de Conforto Luminoso

4.6 Parâmetros de Conforto Funcional

Na fase de anteprojeto a síntese da forma em relação ao conforto funcional se baseia na separação de blocos funcionais (administração, atividades pedagógicas, atividades recreativas e atividades de apoio) tendo como ponto de partida o programa de projeto. No caso das escolas do Estado de São Paulo existe a padronização de tamanhos mínimos dos ambientes, a partir desta padronização organiza-se os blocos funcionais. Pode-se considerar como parâmetro de avaliação de projeto a distância entre ambientes com funções diferenciadas que influenciam as atividades cotidianas, como é o caso da distância entre sala de aula e banheiro. Para mensurar a distância destes ambientes são feitas algumas considerações: a distância percorrida em escadas é convertida para rampa com inclinação de 10%, considera-se a média das distâncias do centro de cada sala de aula ao banheiro e o caminho realizado pelo usuário. Na análise feita através dos projetos, observa-se que a distância entre sala de aula e banheiro varia de 10.80 a 111.00 metros.

Para transformar estas medidas em grau de pertinência, se considera o tempo gasto para se locomover de um ambiente para outro em relação ao tempo de atividade realizada no ambiente. Foi considerada a velocidade de 6,5 km/h, que corresponde a um adulto caminhando em passo apressado.

Tabela 5: Conversão de medidas funcionais em grau de pertinência

Diferencial semântico	GP	% de tempo de locomoção em relação a atividade da sala de aula (1 aula = 50 minutos)	Tempo gasto na locomoção entre sala de aula e banheiro	
			Minutos	Distância (m)
Péssimo	0,00	10% da atividade	5	541,65
Ruim	0,25	5% da atividade	2,5	270,83
Bom	0,50	3% da atividade	1,5	162,50
Muito bom	0,75	2% da atividade	1,0	108,33
Ótimo	1,00	1% da atividade	0,5	54,16

Cada escola foi qualificada e quantificada através da média das distâncias entre salas de aula e banheiro, como é o caso da escola EEPSG Bairro Senhorinhas localizada em Juquitiba.

**Figura 7. Exemplo de Avaliação de Conforto Funcional**

4.7 Metodologia de avaliação/otimização

Os dados recolhidos de cada escola formam um conjunto discreto de avaliação de variáveis de projeto, expressos em grau de pertinência conforme tabela6. A otimização de projeto é realizada para que se possa comparar projetos e selecionar a “melhor” alternativa. Neste conjunto de projetos analisados é necessário primeiro se verificar quais soluções não representam uma solução de compromisso, ou seja quais soluções podem ser eliminadas por possuírem um conjunto de valores de grau de pertinência considerados inferior às outras soluções. Nesta pesquisa o objetivo é que todos os confortos sejam maximizados, sendo assim uma solução será não inferior à outra se pelo menos um dos confortos possuir grau de pertinência maior que as outras. Como é o caso da escola Bairro Senhorinhas uma vez que possui o maior valor de grau de pertinência de conforto luminoso do conjunto de projetos analisados. Já a Escola Vila Ayrosa é uma solução inferior uma vez que nenhum de seus valores de grau de pertinência é superior às outras soluções.

Tab. 6: Quantificação e qualificação de alguns projetos

Escola	Conforto Térmico	Conforto luminoso	Conforto Acústico	Conforto Funcional
Bairro Senhorinhas	0,44	0,56	0,37	0,75
Prof. João Sant’Anna	0,25	0,37	0,95	1,00
Vila Ayrosa	0,44	0,15	0,30	0,63
Bairro Limoeiro	0,50	0,37	1,00	0,88

Verificando-se os projetos que são objeto desta análise e seguindo o critério de maximização dos confortos é formado um conjunto discreto de soluções não inferiores que também são chamadas de “ótimo de Edgeworth-Pareto” do conjunto finito das soluções de projeto consideradas (STADLER E DAUER, 1992). Observa-se que para estes projetos não-inferiores a opção de escolha por um único projeto acarretará no prejuízo de certos parâmetros de conforto ambiental. Por exemplo optando-se pela solução encontrada na escola Bairro Senhorinhas se estará tomando decisões que maximizem o conforto luminoso e ao mesmo tempo prejudique os outros confortos.

5. CONCLUSÕES

Este estudo demonstra a possibilidade de se considerar o conceito de otimização de projeto como uma maneira de racionalizar o processo de decisão e avaliação de anteprojetos da rede estadual (ensino fundamental e médio) de São Paulo. A metodologia desenvolvida, considera a necessidade de avaliar anteprojetos através de parâmetros de conforto ambiental relacionados a síntese da forma, de modo à considerar a disposição dos ambientes e a implantação do edifício, decisões realizadas nesta fase do

projeto e que influenciam questões relacionadas ao conforto na edificação. Espera-se com a formulação desta metodologia, alertar os projetistas da importância de otimizar, já nas primeiras fases do projeto, alguns parâmetros de conforto ambiental.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALACHANDRA, M. (1996) *Knowldge-based optimum design. Ttopics in engeneering.* v 10. C.A. Brebbia and J.J.Connor. Computational mechanics publications. Soutampton USA
- BARROSO-KRAUSE, C. (1998) Ciência e concepção arquitetônica. Reintegrando tecnologia e arquitetura. *Arquitetura: Pesquisa &Projeto.* Vicente Del Rio e autores. São Paulo: proEditores; Rio de Janeiro: FAU UFRJ, p.37-53
- CHENG, L.Y. (1997), Quantificação de Variáveis Subjetivas do Projeto, *Apostila do curso PCC-5015, POLI-USP.*
- CHVATAL ET AL. (1998) A prática do projeto arquitetônico em Campinas, S.P., e diretrizes para o projeto de edificações adequadas ao clima, NUTAU 98, ARQUITETURA E URBANISMO: TECNOLOGIAS PARA O SÉCULO XXI, São Paulo, SP, *Anais*, CD-Rom.
- DÜLGEROGLU, Y (1999) Design Methods Theory & Its Implications for Architectural Studies. *Design Methods: Theories, Research, Education and Practice* v.33;n°3; Jul-Sep, Califórnia, p. 2870-2879.
- FDE (FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO) (1997) *Catálogos de Ambientes – especificações da edificação escolar de primeiro grau*, 6^a edição (revisada).
- FDE (FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO) (1998) *Arquitetura escolar e política educacional: os programas na atual administração do Estado.* São Paulo
- FERNANDES, P. (1998) Integração das diretrizes energéticas no processo de concepção arquitetônica. *Arquitetura: Pesquisa &Projeto.* Vicente Del Rio e autores. São Paulo: proEditores; Rio de Janeiro: FAU UFRJ, p. 25-51.
- JONES, J.C. (1980) *Design Methods: seeds of human futures.* A Wiley- Interscience Publication. Great Britain
- KOWALTOWSKI D.C.C.K. E LABAKI L.C. (1993) O projeto arquitetônico e o conforto ambiental: necessidade de uma metodologia. ENTAC- ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Paulo. *Anais* v.2, p 785-794
- KOWALTOWSKI ET AL (1999) *Relatório científico - projeto de pesquisa: Melhoria do conforto ambiental em edificações escolares de Campinas, S.P., FEC-UNICAMP*
- SCARAZZATTO,P.S. ET AL (1996). The Dynamic of Daylight in Tropical Climates and its influence on Indoor Environment. THE 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDOOR AIR QUALITY AND CLIMATE. Nagoya, Japan.
- SILVA V.G. (2000) Avaliação do desempenho ambiental de edifícios. *Qualidade na construção.* SindusCon SP. n°25 ano III, p 14-22
- STADLER W. E DAUER (1992) J. Multicriteria optimization in enginnering: a tutorial and survey. *Structural Optimization: status and promise. progress on astronautics and aeronautics.* Vol150. Edited by Manohar P. Kamat. A.Richard Seebass Editor-in-chief. USA, p.209-244
- SUH,N.P. (1998) Axiomatic design theory for systems, *Research in engineering design*, Springer-Verlag London Limited v. 10, p.89-209.
- WONG N. H.; LAM K. P.; HENRY F. (2000) The use of performance-based simulation tools for building design and evaluation - a Singapore perspective. *Building and Environment* , Pergamon, v.35, p. 709-736.