

## **84 - O Processo Metodológico para Elaboração de Projetos com Qualidade Ambiental: Exemplificação por Meio de um Anteprojeto de Escola em São Paulo, Brasil (Parte 1).**

**MUELLER, Cecília Mattos (1); FROTA, Anésia Barros (2)**

(1) Arq. MSc. em Tecnologia da Arquitetura (FAU/USP), especialista em Conforto Ambiental e Conservação de Energia (FUPAM/FAU/USP), e-mail: cecimm@gmail.com; (2) Profa. Dra. da FAU/USP, e-mail: arfrota@uol.com.br. Endereço: R. do Lago, 876, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Dep. Tecnologia da Arquitetura, Lab. de Conforto Ambiental e Eficiência Energética, Cidade Universitária, São Paulo, SP. Cep: 05508-080. Tel.: (11) 3091-4571.

### **Resumo**

A parte 1 deste artigo apresenta uma proposta de etapas que configuram um processo metodológico para elaboração de projetos com qualidade ambiental, com base na tecnologia hoje disponível. O objetivo não é ser um roteiro de caráter conclusivo, mas sim um roteiro que apresenta etapas complementares (como a caracterização físico-climática do terreno e do entorno, os ruídos no local, a aplicação da bioclimatologia à arquitetura e a avaliação do desempenho do edifício) àquelas já utilizadas no processo projetual convencional de um escritório de arquitetura.

**Palavras-chave:** metodologia, projeto, qualidade ambiental, desempenho, arquitetura bioclimática.

### **Abstract**

*This paper presents a level proposal to build a project methodology with environmental focus, based on the available technology. The main purpose of this essay, rather than being a conclusive guidance, is to propose a guidance that presents complementary levels (like to assess site and climatic conditions, local noises, bioclimatology application to architecture and the building performance evaluation) to those already used in the usual project process of an architecture office. Keywords: methodology, project; environmental quality; performance, bioclimatic architecture.*

### **1 Introdução e Objetivo**

Pretende-se, nesse artigo, apresentar as etapas que configuram um processo metodológico<sup>1</sup> para elaboração de projetos com qualidade ambiental, exemplificando-o, num segundo momento, por meio de estudos preliminares para um anteprojeto de uma escola pública de 1º grau.

---

<sup>1</sup> Desenvolvido na pesquisa de mestrado da autora, intitulado “Espaços de ensino-aprendizagem com qualidade ambiental: o processo metodológico para elaboração de um anteprojeto”, e defendido na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo em 2007.

Entende-se aqui que o arquiteto deve responder a todas às expectativas do cliente, atendendo ao programa arquitetônico solicitado e o custo por ele estimado, materializando tudo isso numa arquitetura de qualidade. No entanto, essa arquitetura não será de qualidade caso o edifício projetado seja desconfortável aos usuários e o consumo de energia elétrica para operação do mesmo seja excessivo.

Para que o edifício atenda as necessidades de conforto dos usuários, sendo energeticamente eficiente, é preciso fazer uso racional da energia elétrica, tendo em mente, sempre, a exiçquidade da obra e a relação ótima entre custo e benefício de sistemas de climatização e iluminação, sejam esses sistemas naturais ou artificiais. Porém, as estratégias de condicionamento ambiental a serem adotadas para um edifício, sejam elas com sistemas naturais, artificiais, ou integrados, só podem ser propostas após um cuidadoso estudo do clima e do local a ser inserido.

Para isso, é importante o arquiteto e os demais envolvidos no projeto terem em mente que a arquitetura deve usar o clima como seu aliado de projeto. Deve atender as exigências humanas de conforto aproveitando todas as possibilidades climáticas amenas que o meio pode oferecer.

É válido ressaltar que não se pretende aqui transformar o 'clima' em único personagem das decisões de projeto. As decisões arquitetônicas devem responder a todos os demais: terreno, entorno, topografia, leis urbanísticas de ocupação do solo, programa arquitetônico, cultura local, tecnologia construtiva, materiais, entre outros. Compete ao arquiteto orquestrar essas decisões, apresentando uma arquitetura com qualidades formais, porém exeqüível, construída racionalmente e com a tecnologia disponível.

## **2Metodologia Proposta**

Uma seqüência de etapas foi proposta para a elaboração de um projeto com qualidade ambiental. No entanto, não se pretende aqui, propor uma metodologia de caráter conclusivo, até porque a bibliografia referente a esse tema é ampla e em constante evolução. Parte disso deve-se ao aprimoramento freqüente das ferramentas de projeto, à inventividade dos programas computacionais, à globalização das informações e descobertas, entre outros. Todas essas novidades permitem que os projetos sejam desenvolvidos de maneira mais dinâmica e com respostas visuais e de desempenho quase que imediatas.

Procura-se sim, propor um roteiro que auxilie no processo de projeto, com base na tecnologia hoje disponível<sup>2</sup>. E principalmente, mostrar que é possível, dentro da rotina habitual dos escritórios de arquitetura, incorporar essa metodologia para se alcançar a relação ótima entre forma, estética, racionalidade construtiva, custo, conforto ambiental e eficiência energética.

A seguir são apresentadas as etapas de projeto aqui propostas.

### **2.1Análise do Programa Arquitetônico**

É preciso que se faça uma análise cuidadosa do programa arquitetônico, verificando as funções a serem cumpridas, as áreas por elas ocupadas, as relações, a hierarquia entre as atividades, etc. Com isso, é possível definir a localização das funções de acordo com as prioridades quanto à acessibilidade, orientação

---

<sup>2</sup> São indicados aqui alguns programas computacionais e deu-se preferência pelos desenvolvidos por universidades brasileiras (de domínio público).

solar, conforto térmico, luminoso e acústico. Ainda, é possível decidir o tratamento que terão os espaços externos em relação aos micro-climas desejados.

Uma pesquisa sobre edifícios de mesma tipologia arquitetônica e de programa de necessidades semelhante ajuda a criar um cenário favorável para o desenvolvimento do projeto, pois se amplia o repertório e adquirem-se mais argumentos para negociar, incrementar e/ou alterar o programa.

## **2.2 Análise do Terreno e Entorno**

### **2.2.1 Visita ao terreno**

A visita ao terreno é necessária para que se faça o reconhecimento do local, do entorno construído, das vias e modos de acesso ao terreno, do fluxo de veículos e pessoas, da topografia, da vegetação, do norte magnético, entre outros (edifícios, árvores e outros acidentes do entorno podem afetar a radiação solar direta e refletida, modificar o percurso natural dos ventos que chegam ao terreno, e interferir na propagação do ruído, por exemplo). Muitas vezes, devido à inviabilidade de visita ao terreno, as informações podem ser adquiridas por outros meios: através do cliente, de órgãos locais ou em pesquisa na *internet*.

### **2.2.2 Documentação fotográfica e vídeo**

Para auxiliar todo o processo de projeto, é importante que se tenham imagens do local, para que tirem eventuais dúvidas durante este (como a localização correta de uma árvore ou poste, o sentido de uma via, a tipologia do entorno construído, a insolação no terreno, entre outros).

Importante também é ter acesso a imagens aéreas do local. Essas podem tirar dúvidas em relação a distâncias, podem fornecer uma melhor identificação e melhor compreensão da malha urbana, da hierarquia das vias, do adensamento (massa edificada) do entorno, da implantação das edificações no lote, da cobertura vegetal e arborização da região. Essas imagens podem ser conseguidas através de ferramentas computacionais como o *Google Earth* ou de órgãos governamentais, não governamentais ou municipais que trabalham com geoprocessamento de imagens.

### **2.2.3 O clima na região**

A etapa de diagnóstico climático da região é uma das mais importantes, porque a partir dele podem ser obtidas diretrizes de projeto para uma arquitetura que busca tanto amenizar as sensações de desconforto impostas por climas muito rígidos, quanto propiciar ambientes tão confortáveis como os espaços ao ar livre em climas amenos. Alguns programas computacionais que auxiliam neste diagnóstico: *Climaticus* e *Analysis Bio*.

Os dados de clima são também fundamentais na etapa de simulação do desempenho térmico do edifício por meio de programas computacionais.

### **2.2.4 Insolação, radiação e luz natural na região**

Com uma carta solar de latitude correspondente ao terreno em questão, por exemplo, é possível visualizar o percurso do sol, identificando a altura e posição deste em cada hora do dia, nas diferentes estações do ano, e assim, suas sombras projetadas. Segundo Frota (2004), esses estudos podem ser complementados com

o auxílio de transferidores solares, tabelas de valores de coordenadas horizontais do Sol, panorâmica solar, simuladores solares, e relógio de sol.

É preciso verificar as características das superfícies circundantes (edificações e pavimentações), como as cores, texturas e coeficientes de absorção dos materiais, pois esses dados são importantes para analisar a reflexão da luz e da radiação solar resultante ao incidir sobre estas superfícies.

Quanto à disponibilidade de luz natural no terreno, é preciso que se verifiquem as características da abóbada celeste local. A trajetória solar própria a cada latitude, as características locais de nebulosidade, poluição e fenômenos meteorológicos fazem com que a abóbada celeste pareça mais ou menos luminosa durante o dia e no decorrer do ano.

E para o ambiente interno ser efetivamente mais ou menos luminoso, é preciso: saber usar os dados de iluminação externa em planos horizontais e verticais para o tipo de céu estudado; saber usar as superfícies externas como fontes secundárias de iluminação (através das propriedades de reflexão); saber dimensionar as aberturas e tipos de proteção.

Resultam da análise conjunta da disponibilidade da radiação térmica e luminosa, decisões importantes de projeto, que vão desde a implantação do edifício no terreno até o detalhamento das fachadas, esquadrias e sistemas de proteção solar.

Alguns programas computacionais permitem os seguintes resultados: a visualização da trajetória solar para a latitude desejada (*SunPath, Helios, Ecotect, Sketch Up, Analysis SOL-AR*); o auxílio no projeto de dispositivos de sombreamento de superfícies (*brise.BR, Ecotect, Helios, Analysis SOL-AR*); os valores de iluminância externa em planos horizontais e verticais para a cidade escolhida, sob determinados tipos de céu (*DLN, Climaticus*), e valores de radiação solar incidente em planos horizontais e verticais para cada latitude (*DLN, Climaticus, Luz do Sol*).

### **2.2.5O ruído no terreno**

É importante conhecer os níveis de ruído e a frequência destes na região, pois a partir desses dados, algumas decisões de projeto podem ser tomadas, como: implantação do(s) edifício(s) no terreno, tratamento da topografia, setorização das funções de acordo com as necessidades de conforto acústico, escolha dos revestimentos, projeto de barreiras acústicas, etc.

Para isso, é preciso que se identifiquem os tipos de ruído no local e que se meçam os níveis, e que se registre o fluxo de veículos nas vias. Caso contrário, é preciso ao menos saber dos usuários e moradores da região algumas destes dados. Programa computacional auxiliar: *Acústico*.

### **2.2.6Verificação e/ou retificação do Norte**

Os dados para correção da declinação magnética podem ser encontrados em programas computacionais como: *Declinação Magnética Brasil e GeoMag*.

### **2.2.7Entrevista com moradores e usuários da vizinhança**

É importante conversar com os moradores e usuários da região para diagnosticar problemas que muitas vezes não são diagnosticados durante a visita do arquiteto ao local.

## **2.2.8 Pesquisa sobre as leis de ocupação do terreno**

Além de conhecer o índice de aproveitamento, a taxa de ocupação, os recuos e os limites de altura para aquele terreno, é preciso verificar a possibilidade de mudança do entorno edificado. Como a cidade encontra-se em constante transformação, o projeto proposto deve levar em consideração os futuros projetos que podem ser construídos em seu entorno. Caso contrário, problemas surgirão, como o acesso dificultado ao conjunto, falta ou excesso de insolação no terreno, redirecionamento de ventos, ruídos indesejáveis e não previstos, falta de visibilidade, entre outros.

## **2.3 Utilização Do Clima Como Condicionante Do Projeto**

É esperado que o clima atue como condicionante do projeto, que a arquitetura atenda as exigências humanas de conforto, e que se economize energia para tal. Para isso há métodos que geram parâmetros para a fase de concepção do projeto arquitetônico, e outros que avaliam o desempenho do mesmo num segundo momento.

### **2.3.1 Do diagnóstico climático à aquisição de diretrizes de projeto**

Com a plotagem de dados de clima sobre a carta bioclimática<sup>3</sup> (construída sobre o diagrama psicrométrico que relaciona a temperatura e a umidade do ar), é possível analisar se o clima em questão oferece ou não condições de conforto aos usuários.

A carta define uma zona de conforto térmico, que é estipulada a partir dos índices de conforto. Esses índices são definidos a partir de sensações subjetivas graduadas de conforto a desconforto quando uma pessoa é exposta a diferentes combinações dos parâmetros físicos. Para cada uma das zonas desenhadas na carta, são indicadas estratégias passivas ou ativas de condicionamento.

Para esta etapa pode-se contar com alguns programas computacionais como: *Climaticus* e *Analysis*.

### **2.3.2 Escolha dos componentes construtivos**

Como a escolha dos componentes construtivos afeta diretamente a linguagem estética e formal da edificação, os custos da construção e também o desempenho da mesma, essa etapa deve ser trabalhada desde o início do processo do projeto de arquitetura.

Para as primeiras avaliações de desempenho do edifício já são necessárias definições em relação aos componentes, como espessura, cores, coeficiente de absorção, emissividade, resistência térmica, peso, densidade, e demais propriedades termofísicas. É importante que se faça uma pesquisa de componentes que apresentem características e propriedades físicas apropriadas ao clima local e ao tipo de uso do edifício, para, numa posterior seleção, adotar aqueles que apresentem pouca e fácil manutenção, e uma boa relação de custo x durabilidade.

Para a escolha correta dos componentes, é preciso exigir dos fornecedores a divulgação das propriedades físicas e dos desempenhos térmico, luminoso ou acústico dos mesmos, em catálogos e/ou página da

---

<sup>3</sup> Em 1994, Goulart et al. propôs uma carta bioclimática adaptada ao Brasil, baseada na carta de Givoni de 1992. Essa carta adaptada ao Brasil é utilizada pelo programa *Analysis* para apresentar parâmetros de projeto baseados no diagnóstico climático da cidade escolhida. O programa computacional *Climaticus* também utiliza a carta de Givoni como método para diagnóstico climático e obtenção de estratégias de projeto.

*internet*. Essas informações devem refletir os testes de laboratório realizados com os materiais, e esses testes devem ter credibilidade comprovada.

### **2.3.3 Busca pela forma ótima, racionalidade construtiva e exiçquidade da obra**

Essa é a etapa síntese, que reúne todas as informações conseguidas até aqui para transformá-las efetivamente em insumos de projeto. Talvez seja essa a etapa mais importante de todo o processo projetual, porque depende muito da habilidade, criatividade e destreza do arquiteto para materializar uma série de dados em uma arquitetura que prima pela qualidade estética, formal e ambiental, que é racional e coerente com os métodos construtivos, com as tecnologias disponíveis e com os custos de construção e operação do edifício.

## **2.4 Avaliação do Desempenho do Edifício**

O conhecimento das propriedades termofísicas dos materiais e dos fenômenos físicos de trocas de calor, de propagação da luz e dos ruídos, por exemplo, permite prever a resposta térmica, luminosa e acústica de um ambiente quando submetido a uma dada situação de ocupação, clima, condições de céu e nível de ruído. Os resultados dessas estimativas de comportamento do ambiente caracterizam os desempenhos térmico, luminoso e acústico do mesmo. Com isso, é possível avaliar a eficiência da arquitetura proposta e assim propor alternativas para a melhoria do projeto, se for o caso.

A avaliação de desempenho de uma edificação pode ser realizada tanto na fase de projeto quanto após a construção. Ainda na fase de projeto, a avaliação pode ser: a) qualitativa: por meio de verificação do cumprimento de diretrizes construtivas que contribuam para o conforto ambiental dos espaços; b) quantitativa: por meio de cálculos ou simulação computacional, que estimem o desempenho do ambiente, baseados em fenômenos físicos, quando este é submetido a diferentes situações de ocupação, clima, luz, ruídos, etc. Já após a construção, a avaliação do desempenho do edifício deve ser quantitativa, através de medições *in loco* das variáveis representativas do desempenho, ou através de simulações computacionais.

### **2.4.1 Critérios para avaliação: parâmetros de conforto**

É preciso ter em mãos critérios que auxiliem o arquiteto a concluir se os resultados obtidos na avaliação de desempenho representam conforto ou não em um ambiente. Portanto, é necessária a adoção de parâmetros de conforto<sup>4</sup> para a avaliação dos desempenhos energético, térmico, luminoso e acústico do edifício. Essas informações podem ser encontradas em normas técnicas e legislações nacionais e internacionais, porém, é válido alertar que estas podem ser diferentes entre si. Cabe ao arquiteto definir quais critérios serão utilizados, e pode ocorrer inclusive a adoção de critérios desenvolvidos pelo próprio projetista. Essa definição deve ser acordada com o cliente.

### **2.4.2 Cálculos preliminares e programas computacionais de simulação de desempenho**

Em detrimento do aumento da complexidade dos projetos e da necessidade de integração entre todas as variáveis, inclusive de sistemas artificiais, há uma oferta crescente de programas computacionais que simulam os desempenhos térmico, luminoso, acústico e energético das edificações. Esses programas

---

<sup>4</sup> Alguns parâmetros de conforto comumente adotados para avaliação de desempenho de edifícios são apresentados em Mueller (2007).

facilitam muito o processo de projeto, pois podem atuar desde a concepção dos primeiros estudos até o detalhamento dos sistemas de uma edificação.

Atualmente podemos contar com a ajuda de diversos programas computacionais de simulação dos desempenhos térmico, luminoso, acústico e de eficiência energética, muitos deles gratuitos<sup>5</sup>. Alguns programas são fáceis de operar, possuem uma *interface* amigável, e aceitam a importação de arquivos tridimensionais modelados em outros programas.

Alguns programas de simulação trabalham com algoritmos de cálculo simplificados. No entanto, para fases preliminares de projeto são mais que suficientes. Outros programas são mais complexos, não são gratuitos e exigem treinamento contínuo para domínio da ferramenta. Se não houver tempo disponível para isso, aconselha-se a contratação de um profissional que faça parte da equipe de projeto, pois ele fornecerá dados importantes para a continuação do trabalho.

Como colocado por Lamberts, Dutra e Pereira (1994), mesmo que o uso de programas requeira a contratação de um profissional para sua operação, o arquiteto deve saber avaliar a importância de contar com a simulação na otimização de seu projeto, seja para orientar as decisões de projeto ou para comprovar a eficiência e análise do custo-benefício dessas decisões.

O profissional que trabalhará com as simulações nesses programas deve conhecer o que os mesmos levam em consideração para gerar os resultados. O desconhecimento do tipo de céu que o programa utiliza, ou dados de clima, infiltrações, simplificações na geometria, etc., pode levar a análises equivocadas dos resultados obtidos, e assim comprometer todo o projeto.

## **2.5 Reavaliação do Projeto e Detalhamento**

Os resultados das avaliações dos desempenhos térmico, luminoso e acústico são dados importantes para a verificação da qualidade ambiental e da eficiência energética da arquitetura proposta, pois confirmam a correta adoção das estratégias de projeto utilizadas. Porém, às vezes esses resultados apontam valores que não atingiram os parâmetros mínimos de conforto previamente adotados.

O arquiteto ou profissional responsável pelos cálculos e simulações de desempenho deve analisar esses resultados e então identificar quais os pontos poderiam ser alterados e/ou otimizados no projeto para que se alcancem melhores cenários de conforto ambiental e eficiência energética.

Inevitavelmente, estará propondo alterações de projeto para tal fim, como por exemplo: alterar o sistema de aberturas a fim de elevar o número de trocas de ar no ambiente; especificar outro material de acabamento para as fachadas leste e oeste a fim de reduzir os ganhos térmicos devido à radiação incidente; incrementar o isolamento de um componente para trazer melhores resultados térmicos ou acústicos; especificar um tipo de vidro com menor transmitância a fim de evitar as perdas e ganhos de calor; especificar luminárias próprias para a mesa de trabalho para não superdimensionar o nível de iluminância geral do ambiente e para otimizar a integração entre a iluminação natural e artificial; entre outros.

Portanto, a avaliação do desempenho não é a última tarefa deste processo, porque, muitas vezes, com as respostas oriundas dessa avaliação ainda são exigidas alterações no anteprojeto antes de prosseguir à

---

<sup>5</sup> Na página eletrônica do DOE – Dep. de Energia dos Estados Unidos (<[http://www.eere.energy.gov/buildings/tools\\_directory/countries\\_sub.cfm](http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/countries_sub.cfm)>.) encontra-se uma listagem com mais de 260 programas computacionais de simulação e cálculo relacionados a conforto ambiental e energia.

etapa de projeto executivo. É um processo interativo, realimentado constantemente de informações, e que só finaliza quando se atingem os objetivos pré-estabelecidos.

Nesse exercício de identificar os problemas e propor alterações, o arquiteto deve interagir com os demais profissionais dos projetos complementares: estrutural, hidráulica, elétrica, sistema de iluminação artificial, sistema de refrigeração, paisagismo, automação, entre outros. Na verdade, quanto mais cedo acontecer a interação entre profissionais das diversas áreas, maiores serão as chances de um projeto de sucesso.

### **3 Considerações Finais**

As etapas propostas na metodologia aqui apresentada buscaram abranger aquelas já utilizadas no processo projetual convencional, mas também incluir etapas que muitas vezes não são abordadas na rotina de projeto, por desconhecimento ou desinteresse por parte do arquiteto e/ou cliente, ou até mesmo por falta de prazo para execução destas.

Sabe-se que geralmente o tempo disponível para a criação e o desenvolvimento de um projeto arquitetônico é restrito e envolve etapas fundamentais e às vezes complicadas (como a compatibilização de projetos complementares) durante esse mesmo espaço de tempo.

No entanto, deve-se sim destinar parte desse tempo para compreender o clima de um dado local, ou estudar a insolação, ou calcular os desempenhos térmico e luminoso dos edifícios. A justificativa é dada pela necessária preocupação em relação à satisfação dos usuários com o ambiente ocupado e ao impacto ambiental provocado por essa arquitetura. Porque, além de preservar os recursos naturais do meio ambiente, os espaços com qualidade ambiental e com alto desempenho energético trazem ao edifício e aos usuários deste vários benefícios<sup>6</sup>, como: a melhora da saúde, do desempenho, da produtividade e da satisfação de todos os envolvidos, a diminuição do absenteísmo e a redução dos custos com manutenção e operação.

### **4 Referências**

FROTA, A. B. **Geometria da Insolação**. São Paulo: Geros, 2004. 289 p. il.

GOULART et. al. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. 1994. 80 p. il. Relatório interno n. 02/94 – Núcleo de Pesquisa em Construção, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994. Disponível em: <[www.labee.ufsc.br/publicacoes](http://www.labee.ufsc.br/publicacoes)>. Acesso em: 25 mar. 2006.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: Prolivros, 2004. 2ª edição. 192p. il.

MUELLER, C.M. **Espaços de ensino-aprendizagem com qualidade ambiental: o processo metodológico para elaboração de um anteprojeto**. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Tecnologia, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MUELLER, C.M.; FROTA, A.B. Espaços de ensino-aprendizagem com qualidade ambiental e alto desempenho energético: características e benefícios. In: ELECS - IV Encontro Nacional e II Latino-

---

<sup>6</sup> No caso específico de ambientes escolares, mais informações a cerca dos benefícios são apresentadas em Mueller e Frota (2007).



Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2007, Campo Grande. IV Encontro Nacional e II Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Porto Alegre: ANTAC, 2007. V.1. p. 267-276.

## **5Agradecimentos**

À FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo apoio financeiro dado à pesquisa, na forma de bolsa de mestrado concedida à autora Cecília Mattos Mueller.