



**ENTAC2006**

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## **ARQUITETURA E CONFORTO AMBIENTAL NO EDIFÍCIO ADMINISTRATIVO DA ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS / USP - O BLOCO E1**

**Cíntia Cristina Vieira (1); Rosana Maria Caram (2)**

(1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: cintiacristinavieira@yahoo.com.br

(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: rcaram@sc.usp.br

### **RESUMO**

**Proposta:** A preocupação com a obtenção de conforto ambiental em uma edificação tem sido presente com maior frequência nas últimas décadas do século XX. E nos últimos anos, tem aumentado nos projetos de arquitetura o interesse quanto ao condicionamento térmico e os sistemas de iluminação naturais por razões não só de conforto, mas também de eficiência energética. Este artigo consiste em uma análise do edifício administrativo da Escola de Engenharia de São Carlos pertencente à Universidade de São Paulo, do ponto de vista de conforto ambiental. O Bloco E1, como é conhecido, é o prédio símbolo da EESC/USP e foi idealizado pelo escritório de Ernest Robert de Carvalho Mange e Hélio de Queiroz Duarte. Uma de suas principais preocupações foram as soluções de conforto térmico e iluminação. Construído em três anos, com início em 1954 teve os princípios da arquitetura moderna como elementos norteadores do projeto. Possui planta livre, pilotis, terraço-jardim, fachada livre e grandes áreas envidraçadas. **Método de pesquisa/Abordagens:** O processo de investigação acontece a partir da análise qualitativa do projeto enfatizando os aspectos relativos ao conforto térmico e visual. Foram analisados microclima, partidos arquitetônicos, implantação, materiais, técnicas construtivas, aberturas, envidraçamentos e diagramas de insolação, iluminação e ventilação. **Resultados:** A leitura dessa edificação identifica estratégias aplicadas para a obtenção de conforto ambiental, enfatizando as soluções utilizadas para conforto térmico e otimização da iluminação natural, destacando a ventilação natural. **Contribuições/Originalidade:** Este estudo contribui para o aperfeiçoamento de técnicas projetuais que visam o conforto ambiental e redução no consumo de energia em edifícios do padrão do estudado, o qual é visto repetir-se incalculavelmente em edifícios administrativos, de escritórios e escolares.

Palavras-chave: conforto ambiental; eficiência energética; ventilação natural, iluminação natural.

### **ABSTRACT**

**Propose:** The concern with the attainment of environmental comfort in a construction has been present more frequently in the last decades of century XX. And in the last years, has increased in the architectural projects, the interest regarding to the thermal conditioning and the natural lighting systems, for reasons not only of comfort, but also of energy efficiency. This article consists on an analysis of the administrative building of the School of Engineering of São Carlos, pertaining to the University of São Paulo, on the point of view of environmental comfort. The E1 Block, as it is known, is the building symbol of the EESC/USP and was idealized by the office of Ernest Robert de Carvalho Mange and Hélio de Queiroz Duarte. One of its main concerns had been the solutions of thermal comfort and illumination. Constructed in three years, with beginning in 1954 it had the principles of the modern architecture as guidance elements of the project. It has free design, *pilotis*, terrace-garden, free façade and big glassed areas. **Methods:** The inquiry process begins on the qualitative analysis of the project emphasizing aspects relative to the thermal and visual comfort. It had been analyzed

microclimate, architectural premise, implantation, materials, constructive techniques, openings, windows, insolation diagrams, illumination and ventilation. **Findings:** The reading of this construction identifies strategies applied for the attainment of environmental comfort, emphasizing the solutions used for thermal comfort and optimization of the natural illumination, giving emphasis to natural ventilation. **Originality/value:** This study contributes for the improvement of project techniques that aim to environmental comfort and reduction in the consumption of energy in buildings of the studied pattern, which is like many other administrative buildings, offices and schools.

Keywords: environmental comfort; energy efficiency; natural ventilation, natural illumination.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 A criação da Escola de Engenharia de São Carlos e o seu projeto

Nas décadas de 1940 a 1960 ocorre a propagação do ensino superior no Brasil, principalmente no Estado de São Paulo. O desenvolvimento dos setores industrial e burocrático-administrativo, a expansão urbana e o crescimento populacional ocasionaram uma situação em que a procura por vagas nas universidades era maior que a oferta. Nesse contexto, na década de 1940, enquadra-se o processo de ampliação da USP – Universidade de São Paulo e a criação da Escola de Engenharia de São Carlos.

Criada em 1948, a EESC foi estabelecida em 1952, oferecendo os cursos de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. A princípio ocupou a Casa d'Itália, edifício situado no centro da cidade, hoje conhecido com CDCC – Centro de Divulgação Científica e Cultural da USP. Em 18 de abril de 1953 foi proferida a Aula Inaugural pelo Professor Doutor Lucas Nogueira Garcez. Com a doação da área definitiva da escola pela prefeitura foi contratado o escritório de São Paulo do arquiteto Hélio de Queiroz Duarte e do engenheiro Ernest Robert de Carvalho Mange para a execução do projeto da escola que deveria ter o porte de um campus.

Hélio Duarte e Mange já tinham realizado muitos projetos para o Convênio Escolar e para as escolas do SENAI, o que influenciou no projeto para o campus. O Convênio Escolar, segundo Araújo (2004), foi um ajuste criado entre Governo Estadual e Prefeitura Municipal de São Paulo, no final da década de 1940, com a finalidade de suprir a demanda de escolas. Objetivava o baixo custo da obra, a rapidez na execução, a padronização de elementos e a racionalização da construção, sendo responsável por parte do grande desenvolvimento da arquitetura moderna paulista. Quanto às escolas SENAI, pode-se verificar em seus projetos o uso em larga escala dos princípios da arquitetura moderna. Segundo Segawa (1998), a sociedade Duarte & Mange inovou na arquitetura de linhas tradicionalistas nas unidades de São Paulo.

Segundo Araújo (2004), o planejamento para o campus seguiu a mesma linha de raciocínio das experiências com as escolas do Convênio Escolar e do SENAI, a qual partia da divisão do plano em 3 setores diferentes, com funções estabelecidas pelas definições do zoneamento. Esses 3 setores são bem definidos pela revista Habitat (1956, p. 45): *“Foram encaradas as necessidades de Trabalho, Habitação e Recreação, procurando-se obter um todo harmônico, em unidade social e cultural. O programa do setor trabalho exprime as necessidades didáticas e de pesquisas, prevendo a criação de Instituto Tecnológico. No setor habitação foram encarados os problemas de residências de alunos e professores, com seus naturais e imediatos complementos; na recreação as necessidades culturais e esportivas dos habitantes da ‘cidade’”*

O grande uso dos princípios da arquitetura moderna na elaboração do plano são evidentes. Esses princípios foram sintetizados por Nosella e Buffa (2000, p. 58) como *“a racionalidade, a funcionalidade, a flexibilidade dos espaços, a integração social e cultural e a utilização da tecnologia moderna (concreto armado, aço, vidro etc.)”*.

## 1.2 O Bloco E1

Do projeto para o campus somente foi executado um prédio, o Bloco E1, o qual foi construído em três anos, com início em 1954, e como integrante do plano teve os princípios da arquitetura moderna como elementos norteadores na elaboração do projeto. Os preceitos de Le Corbusier, um dos arquitetos mais representativos do movimento moderno, estavam fortemente presentes nos autores, principalmente em Mange, que foi seu estagiário. Foi essa influência que provavelmente os levou à utilização do concreto aparente, uma das primeiras experiências do tipo no país. *“O Bloco E-1 é considerado uma obra marcante, tradução e consolidação da arquitetura moderna, verdadeiro referencial da arquitetura escolar brasileira. Sua construção fugiu às soluções dadas até então pelos projetistas especializados na edificação de prédios escolares, que tradicionalmente imprimiam o estilo neoclássico a esse tipo de instalação”* (ALTAFIM, 2004, p. 38).



**Figura 1 – Perspectiva geral do Bloco E1 (ESCOLA, 1956).**

Várias características da arquitetura moderna podem ser notadas no prédio: planta livre, pilotis, terraço-jardim, fachada livre e grandes áreas envidraçadas. *“Outra característica importante da arquitetura moderna pode ser observada nesse prédio: o E1 relaciona-se com a natureza por todos os lados, não apresentando uma fachada principal. O térreo, com seus vãos livres permite a livre circulação e a integração com o meio ambiente.”* (NOSELLA; BUFFA, 2000, p. 60)

Segundo depoimento de Mange registrado em Araújo, C., (2004), ele e Hélio Duarte se propuseram a fazer um edifício experimental, utilizando concreto aparente, coordenação modular e soluções de conforto, como ventilação diferencial e otimização da iluminação. A preocupação dos autores quanto ao conforto ambiental da edificação foi muito expressiva, o que se refletiu em vários estudos e aplicações. Mange acrescenta ainda que o Bloco E1 foi a concretização de muitos de seus estudos de conforto térmico e otimização de iluminação.

Muitas das técnicas visando conforto ambiental empregadas nesse prédio tiveram boa aceitação por parte de seus usuários. Em seus 50 anos vem demonstrando a sua importância histórica, tanto para a arquitetura como para a Escola de Engenharia de São Carlos e a sua utilização é de grande vitalidade, não sendo inutilizado em nenhum momento.

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar registros que ilustram claramente a preocupação dos autores, em especial do engenheiro Mange, com o conforto ambiental no edifício administrativo da Escola de Engenharia de São Carlos pertencente à Universidade de São Paulo, prédio representativo da arquitetura moderna e ícone da EESC, é uma das primeiras experiências em concreto armado.

## 3 METODOLOGIA

Foi realizada uma leitura da edificação com base no microclima em que está inserida, orientação,

partidos arquitetônicos, implantação, materiais, técnicas construtivas, instalações, aberturas e envidraçamentos, além de diagramas e esquemas de estudos realizados pelos autores do projeto. Essa leitura identifica estratégias aplicadas para a obtenção de conforto ambiental, com ênfase nas soluções utilizadas para conforto térmico – destacando a ventilação natural, proteção da radiação solar, técnicas construtivas e materiais – e otimização da iluminação natural.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Os conceitos de conforto ambiental

Mange, um dos autores do projeto do Bloco E1, em sua tese apresentada a um concurso para a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, trata da obra de arquitetura como um “envoltório material” que tem como função atender às necessidades do ser humano, sendo uma dessas necessidades a proteção com relação aos agentes físico-climatológicos. Ressalta que a obra deve ser criada atendendo às características fisiológicas do homem, físicas do clima e físico-geométricas de seus elementos materiais. E completa sua análise considerando que a própria vida humana e os “materiais elaborados”, como equipamentos presentes no interior de uma edificação, trazem novas condições físicas. “À ação soma-se a reação”. A figura abaixo, retirada desta tese, representa esse seu pensamento.

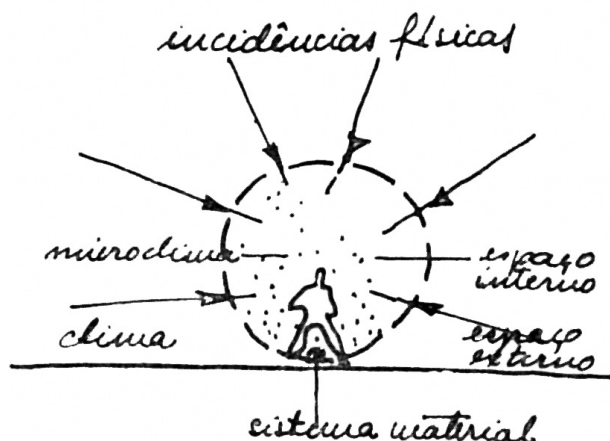


Figura 2 - Esquema desenvolvido por Mange (MANGE, 1956).

Tratando dos fenômenos relativos às interligações espaço exterior – espaço interior, enumera que os principais fatores a serem considerados são aeração e a insolação, neste último relaciona os fenômenos relativos à iluminação, à higiene dos locais e às condições térmicas.

Com base nesses pensamentos e estudos realizados, Mange une seu conhecimento de conforto ambiental com os conhecimentos de projetos para escolas do arquiteto Hélio Duarte, e juntos projetam o Bloco E1, expressão grandiosa da arquitetura moderna, industrialização, racionalização e flexibilidade. Segundo Mange o edifício E1 é a obra que apresenta a maior experimentação de seus conceitos para a aquisição de conforto ambiental.

### 4.2 O clima

A cidade de São Carlos, local onde se localiza o Bloco E1, possui latitude 22 01 e longitude 47 53. A média das temperaturas máximas é de 26.5 °C no ano, a média das temperaturas mínimas é de 16.4 °C no ano e a umidade relativa média do ano é de 73%. Na tabela abaixo encontram-se os dados climáticos.

**Tabela 1 – Dados Climáticos da cidade de São Carlos (ARQUITROP).**

>> ARQUITROP 3.0 - BANCO DE DADOS CLIMATICOS								FICHA : 6/SP		<<		
Cidade: SAO CARLOS <77/86> *				UF:SP	Lat:22 01	Lon:47 53	Alt:855					
		MAX. ABS.	MIN. ABS.	AMPL ABS.	MED. MAX.	MED. MIN.	AMPL MED.	UM RL	CHU TOT	NEB MED	DIR UEN	VEL UEN
01	JAN	35.2	13.4	21.8	27.6	18.7	8.9	79	233	7.5	34	3.8
02	FEV	33.6	15.2	18.4	29.0	19.2	9.8	75	169	6.7	41	4.8
03	MAR	33.5	13.1	20.4	28.0	18.6	9.4	78	174	6.7	61	3.8
04	ABR	31.6	10.9	20.7	26.4	16.6	9.8	76	74	5.6	75	6.1
05	MAI	29.0	0.7	28.3	25.0	14.8	10.2	74	64	5.1	65	4.2
06	JUN	27.8	1.0	26.8	23.4	13.1	10.3	72	47	4.5	53	3.7
07	JUL	29.4	1.8	27.6	24.2	13.2	11.0	66	33	4.2	62	3.7
08	AGO	32.1	2.2	29.9	25.9	14.2	11.7	64	42	5.0	73	5.6
09	SET	33.4	6.2	27.2	26.1	14.9	11.2	66	77	5.1	77	3.4
10	OUT	35.3	9.4	25.9	28.1	16.9	11.2	66	114	5.9	76	3.9
11	NOV	36.9	9.8	27.1	27.8	17.8	10.0	74	176	6.6	74	4.9
12	DEZ	32.7	13.8	18.9	26.9	18.5	8.4	80	320	7.8	50	4.3
13	ANO	32.5	8.1	24.4	26.5	16.4	10.2	73	1522	5.9	63	0.0

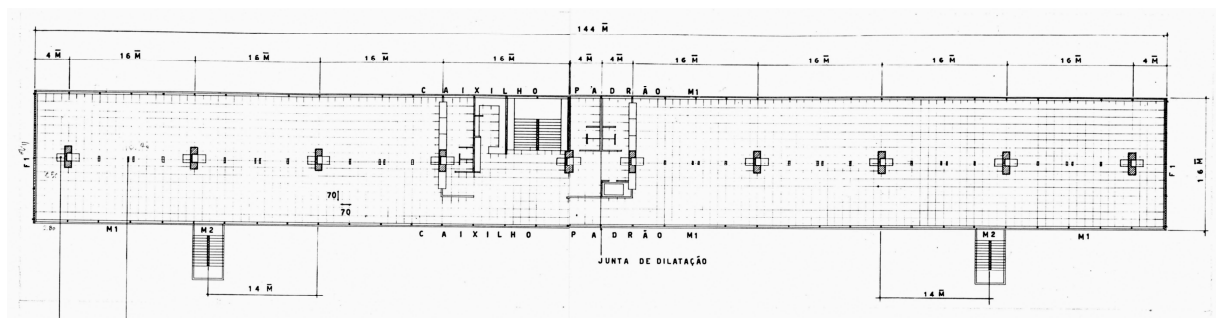
Mahoney indica em suas tabelas de recomendações para projetos arquitetônicos que para esta cidade os edifícios sejam alongados, com fachadas maiores voltadas para norte e sul para reduzir a exposição ao sol e que exista ventilação cruzada permanente e ao nível do corpo dos ocupantes. (RORIZ, 2001).

### 4.3 O projeto

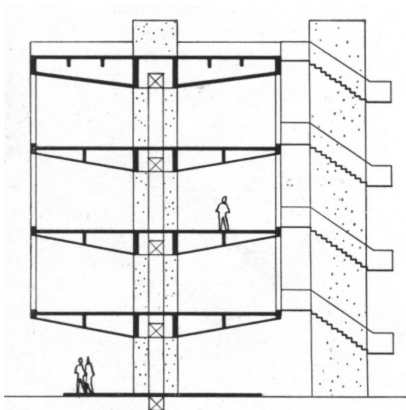
No Bloco E1 encontra-se claramente uma arquitetura flexível e industrializada. A função prevista inicialmente para o prédio era um bloco de salas de aula, laboratórios, bibliotecas e gabinetes de professores, e conforme fossem ficando prontos outros prédios, as funções poderiam ir se alterando. A modulação e a tipificação necessária para a obtenção da flexibilidade estão presentes na estrutura, na vedação interna e externa, e até nas instalações elétricas e hidráulicas. Todas as instalações elétricas e hidráulicas foram embutidas nas colunas e lajes criando sistemas de dutos verticais e horizontais. Através de aberturas podem ser feitas manutenções e alterações nessas canalizações de acordo com a ocupação pretendida.

A modulação foi uma característica muito importante, havia uma modulação integral, em que todos os elementos seguiam o módulo de 70 cm, medindo em toda sua extensão 144 por 16 módulos. Esse edifício de quatro pavimentos, com térreo parcialmente vazado, três andares tipo e cobertura em terraço, assim como é descrito na revista Habitat (1956, p. 45), possui estrutura em "árvore", com colunas a cada 16 módulos e balanços de 4,55 m (figuras 3, 4 e 5).

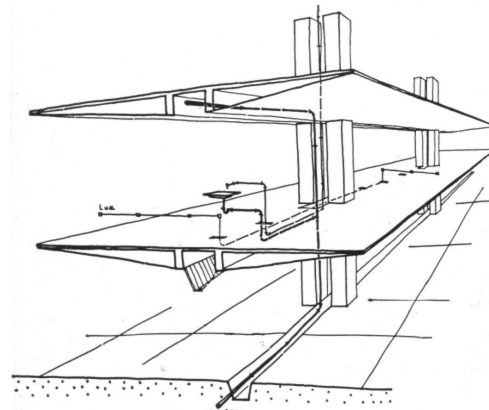
Foi adotado processo construtivo avançado com racionalização e industrialização dos elementos. Segundo a revista Habitat (1956, p. 45) previa-se a "pré-fabricação dos elementos tipificados da estrutura resistente e da vedação. A concepção permitiu a execução completa da obra sem o recurso normal de andaimes" (figuras 6 e 7).



**Figura 3 – Planta pavimento tipo Bloco E1 (DUARTE e MANGE).**



**Figura 4 – Corte esquemático (ESCOLA, 1959).**



**Figura 5 – Corte esquemático (ESCOLA, 1956).**



**Figura 6 – Construção (BLOCO E1, 2005).**



**Figura 7 – Caixilhos (BLOCO E1, 2005).**

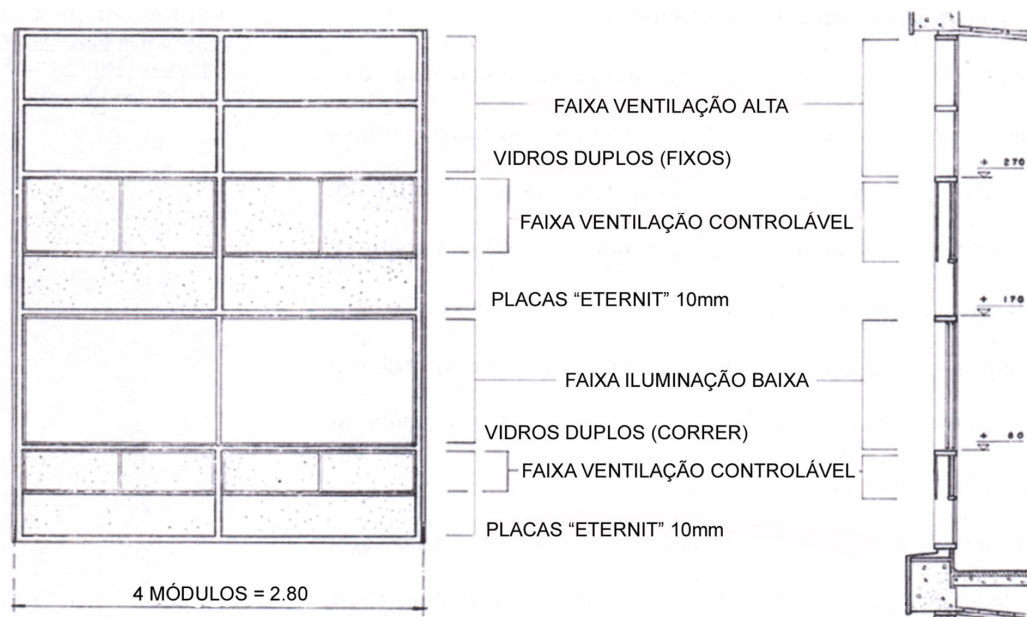
#### *4.3.1 As estratégias visando conforto ambiental*

Segundo Mange, (1956, p. 76), “seus problemas térmicos e acústicos foram seriamente encarados. A iluminação natural e a aeração encontram resposta adequada dentro da expressão plástica do cerramento exterior. Garantidas e expressas as necessidades psicológicas da organização espacial, conseguiu-se evitar ofuscamento excessivo obtendo-se aclaramento uniforme... Por outro lado a consideração integral da “questão insolação” permitiu a eliminação do sol direto nas superfícies de trabalho (orientação Sul para as salas). Considerando ainda a aplicação dos princípios de ventilação diferencial pode-se prever que resultará aceitável ambiente térmico.” (MANGE, 1956, p. 76).

O Bloco E1 possui orientação norte-sul, com os corredores voltados para o norte e as áreas de trabalho para o sul, evitando-se dessa forma a incidência direta do sol. Na fachada norte, assim como na sul, há em toda sua extensão esquadrias padronizadas, feitas de aço e preenchidas por vidros e placas de eternit. Essas placas opacas foram tratadas como brises incorporados no próprio prédio, não sendo um elemento que se projeta externamente a suas fachadas. As esquadrias foram consideradas no conjunto da fachada e divididas em faixas horizontais opacas e transparentes, dessa forma pôde promover o controle da incidência solar nas fachadas, principalmente na norte. As áreas opacas foram projetadas de modo que pudessem abrir quando se fizesse necessário.

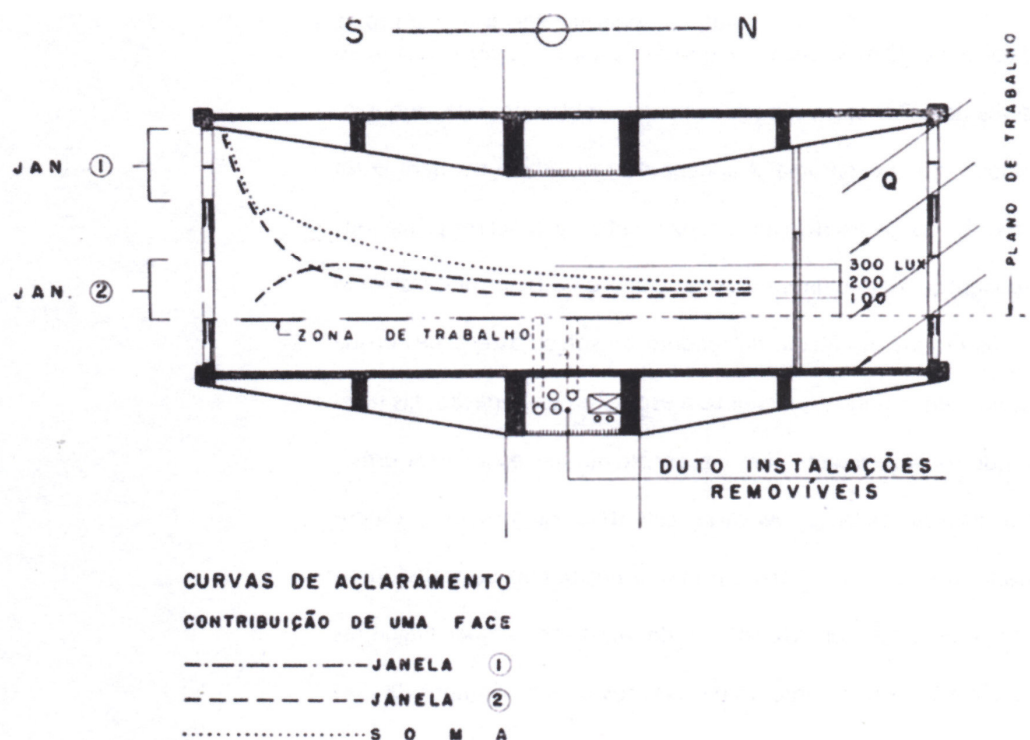
Nessas esquadrias há aberturas baixas e altas, a fim de promover uma circulação de ar permanente, mesmo quando a configuração interna com divisórias opacas não permitirem a ventilação cruzada. Possui também uma abertura ao meio, na direção dos corpos dos ocupantes. Cada unidade de esquadria é dividida ao meio, de modo que uma parte possa correr sobre a outra para ventilar. Possui três faixas de ventilação que podem ser controladas de acordo com a necessidade.

As áreas transparentes foram colocadas de modo a promover uma iluminação uniforme no ambiente interno. Há faixas de iluminação baixas e altas. Abaixo encontra-se o projeto dessas esquadrias (figura 8).



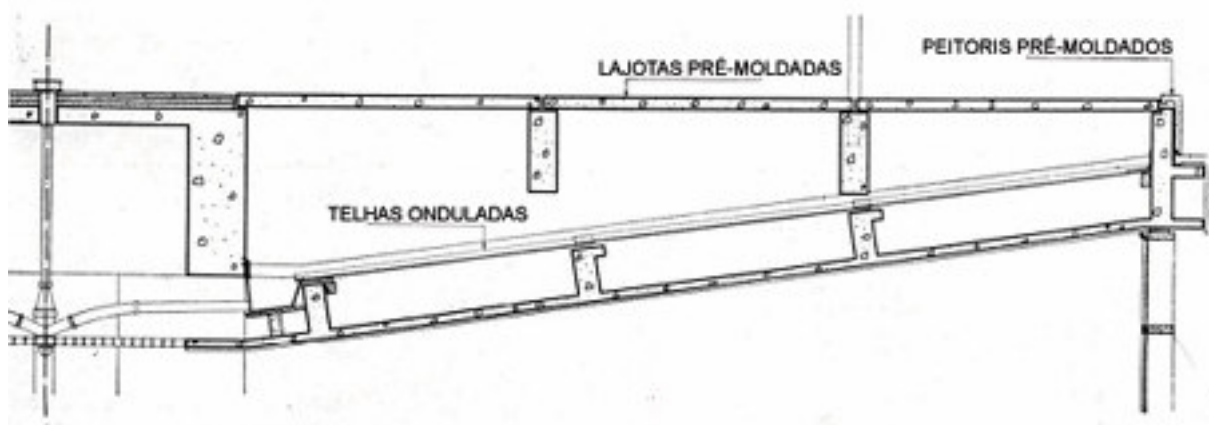
**Figura 8 – Detalhe esquadrias (ARAÚJO, 2004).**

O projeto de iluminação natural partiu de esquemas de otimização de iluminação, realizados com a ajuda de ábacos construídos por Mange. Pode-se visualizar um desses gráficos abaixo (figura 9). Nesse esquema o autor constrói as curvas de aclaramento referentes à janela 1 e à janela 2, assim como a soma. Considera como contribuição apenas uma face, a sul, dessa forma elimina quase que por completo a incidência solar diretamente nas áreas de trabalho. As janelas baixas e altas garantem a uniformidade.



**Figura 9 – Esquema de iluminação (ESCOLA, 1959).**

O Bloco E1 possui quatro pavimentos, sendo três andares tipo e cobertura em terraço, para a qual foi adotada solução que permite grande isolamento térmico, além de impermeabilização. O sistema trata-se de um conjunto composto por duas lajes, havendo um espaço vazio entre elas (figura 10).



**Figura 10 – Corte parcial da cobertura (ESCOLA, 1956).**

Muitas das técnicas visando conforto ambiental empregadas nesse prédio tiveram boa aceitação por parte de seus usuários, destacando que, em 50 anos de existência, nunca foi levantada a necessidade do uso de aparelhos que promovessem ventilação artificial, como ar condicionado. Essas mesmas técnicas, se aplicadas a edifícios escolares e de escritórios, certamente promoveriam uma grande economia de energia.

O uso otimizado da ventilação natural, o emprego de materiais de forma adequada e o aproveitamento de luz natural em edificações, usadas principalmente durante o dia, produzem uma contribuição significativa para a redução do consumo de energia elétrica, além de melhoria do conforto ambiental e bem-estar dos ocupantes. A análise qualitativa do Bloco E1 mostra-nos que esses requisitos foram utilizados no projeto, a avaliação de seus usuários demonstra o resultado positivo, cabe realizar uma análise quantitativa com medições das variáveis climáticas, o que já está sendo realizado pelas autoras deste artigo.

Deve-se ressaltar que o Bloco E1 (figuras 11 e 12) possui uma importância histórica muito grande, tanto para a arquitetura como para a Escola de Engenharia de São Carlos. O destaque da edificação é comprovado com a sua grande utilização até os dias atuais.



**Figura 11 – Interior (BLOCO E1, 2005).**



**Figura 12 – Exterior (BLOCO E1, 2005).**

## 5 REFERÊNCIAS

ALTAFIM, Ruy Alberto Corrêa (Organizador). **50 anos da EESC: um olhar no passado visando ao futuro**. São Carlos: EESC, 2004.

ARAÚJO, Cláudia Gomes de. **Arquitetura e cidade na obra de Ernest de Carvalho Mange**. Dissertação de Mestrado, São Carlos: EESC-USP, 2004.

**ARQUITROP: Conforto térmico e economia de energia nas edificações**. Versão 3.0. Banco de Dados Climáticos. Cidade: São Carlos.

**BLOCO E1**. Fotos diversas. Seção de Documentação e Cadastro da Divisão de Obras / USP – São Carlos, 2005. 1 CD.

DUARTE, Hélio de Queiroz. **Espaços Flexíveis**. Tese apresentada para Concurso Docência Livre da Faculdade Nacional de Arquitetura na Universidade do Brasil. São Paulo, 1957.

DUARTE, Hélio de Queiroz. **O problema escolar e a arquitetura**. São Paulo. Habitat, v. 1, nº 04, jul-set, 1951, p. 4-6.

DUARTE, H. Q.; MANGE, E. R. C. **Edifício E1**. Desenhos diversos. Originais em papel vegetal.

**EESC – 21 anos a serviço do Ensino e da Pesquisa**. São Carlos, 1974.

ESCOLA de Engenharia de São Carlos. São Paulo. **Acrópole**, v. 21, nº 249, jul-ago, 1959, p. 324-329.

ESCOLA de Engenharia de São Carlos. São Paulo. **Habitat**, v. 6, nº 33, ago, 1956, p. 44-49.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R.. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Nobel 1988.

MANGE, Ernest Robert de Carvalho. **A Função Abrigo em Arquitetura**. Tese apresentada para Concurso na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1956.

NOSELLA, P.; BUFFA, E. Escola de Engenharia de São Carlos. Os primeiros tempos: 1948-1971. São Carlos: EDUFSCAR, 2000.

RORIZ, Maurício. **Engenharia do trabalho: temperatura**. Cap. 11 - O método de Mahoney. Apostila curso de especialização Latu Senso em Engenharia de Segurança do Trabalho. São Carlos: UFSCAR, 2001.

## 6 AGRADECIMENTOS

As autoras gostariam de agradecer a FAPESP e a Seção de Documentação e Cadastro da Divisão de Obras da EESC - USP.