



Escola de Arquitetura da UFMG  
Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo

Curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao  
Ambiente Construído

## **MONOGRAFIA**

### **RETROFIT DO ED. TECH TOWER**

**Autor: Alberto Enrique Dávila Bravo**  
**Orientadora: Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza**

Dezembro / 2011

# **“RETROFIT DO ED. TECH TOWER”**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da UFMG

Ênfase: Sistemas Tecnológicos em Avaliação do Desempenho  
Orientadora: Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza

Belo Horizonte

Escola de Arquitetura da UFMG

Dezembro / 2011

### FICHA CATALOGRÁFICA

B826r

Bravo, Alberto Enrique Dávila.

Retrofit do edifício Tech Tower [manuscrito] / Alberto Enrique Dávila  
Bravo. - 2011.

51f. : il.

Orientador: Roberta Vieira Gonçalves de Souza.

Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais,  
Escola de Arquitetura.

1. Renovação urbana. 2. Arquitetura e conservação de energia. 3.  
Qualidade ambiental. 4. Tecnologia - avaliação. I. Souza, Roberta Vieira Gonçalves de. II. Universidade Federal de Minas  
Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 720.47



Aos profissionais da Dávila Arquitetura pelo incentivo de uma constante atualização do conhecimento..

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus professores, que transmitiram seus conhecimentos com muita inteligência, alegria e boa vontade.

Agradeço também ao arquiteto Werner Bastos e a Juliana Mendes que contribuíram efetivamente com esse trabalho.

## **SUMÁRIO**

1. INTRODUÇÃO	09
2. OBJETIVO	10
3. APRESENTAÇÃO DO ED. TECH TOWER	12
4. APO	15
5. RESULTADOS	16
6. ANÁLISE E PROPOSTAS	18
7. CONCLUSÃO	36
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
9. ANEXOS	38

## LISTA DE FOTOS E FIGURAS

Fig. 01 – Foto Fachada Av. Augusto de Lima, 2011	12
Fig. 02 – Vista aérea (Google Earth, 2011)	13
Fig. 03 – Foto Fachada Rua São Paulo, 2011	13
Fig. 04 – Foto detalhe fachada, 2011	14
Fig. 05 – Foto corredores, 2011	14
Fig. 06 – Gráfico de Pareto Usuários	16
Fig. 07 – Gráfico de Pareto Visitantes	17
Fig. 08 – Consumo Energia Ed. São Paulo	23
Fig. 09 – Locação aparelhos Hobo	24
Fig. 10 – Tabela dados climáticos	25
Fig. 11 – Diagrama Bioclimático de Givoni para Belo Horizonte, com variação estimada de 24h para os dados mensais. Fonte de dados: BRASIL, 1992.	25
Fig. 12 – Estudo Solar Fachada Av. Augusto de Lima	29
Fig. 13 – Estudo Solar Fachada Rua São Paulo	29
Fig. 14 – Proposta de brise horizontal	30
Fig. 15 – Perspectiva renderizada do ETT simulando aplicação do brise horizontal	31
Fig. 16 – Foto dos dutos de ar no entreferro da circulação, 2010	33
Fig. 17 – Croqui do forro dos corredores com a distância entre as luminárias de LED	34
Fig. 18 – Foto corredor Tipo, 2011	34
Fig. 19 – corredor 8º Pavimento, 2011	34
Fig. 20 – Foto resultado medição corredor Tipo (Média de 41 Lux), 2011	35
Fig. 21 – Foto resultado medição corredor 8º Pavimento (Média de 434 Lux), 2011	35

## **LISTA DE NOTAÇÕES E ABREVIATURAS**

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas

APO = Análise pós-ocupacional

BH = Belo Horizonte

CFTV = Circuito Fechado de Televisão

CONAMA = Conselho Nacional do Meio Ambiente

dB = Decibel

ETT = Edifício Tech Tower

LED = Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)

MNPS = Medidor de Nível de Pressão Sonora

NBR = Norma Brasileira

PROCEL = Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

UFMG = Universidade Federal de Minas Gerais

VVVF = Variação de Voltagem e Variação de Frequência



## 1. INTRODUÇÃO

No contexto atual, é cada vez mais evidente a discussão sobre a sustentabilidade. A construção civil desperta grande atenção, tendo em vista que o setor reflete um expressivo impacto no uso de energia, emissão de gases de efeito estufa e geração de rejeitos.

Posto que o setor da construção apresenta elevados índices de consumo e rejeito de materiais, qualquer construção, ou reforma, deveria envolver a utilização de materiais de baixo impacto ambiental e métodos construtivos eficientes.

Uma alternativa para minimizar o impacto ambiental de novas construções é o retrofit ecológico. Ele se conforma como uma técnica crescente no mercado imobiliário, consistindo na adaptação e melhoria de velhos edifícios. Reaproveitando, na maioria das vezes, todo o sistema estrutural existente, uma vez que o aço, a areia e o cimento utilizados já cumpriram seu ciclo de vida.

Mas o projeto de readequação de uma edificação existente não deve focar somente no tópico estrutural, em função do enorme tempo que as pessoas passam dentro das edificações, precisa-se de conforto ambiental, que possibilite ventilação natural, iluminação eficiente, boa acústica, dimensionamento adequado e aumento de áreas verdes.

Ao se iniciar um retrofit com foco na sustentabilidade o principal objetivo é a busca por uma maior eficiência energética, item que tem se tornado foco de discussões ambientais.

Um retrofit corretamente planejado, projetado e executado poderá manter o edifício constantemente atualizado, a despeito do desafio enfrentado, aumentando sua vida útil, diminuindo custos com manutenção e aumentando suas possibilidades de uso, sem falar da possibilidade de preservação do patrimônio histórico, sobretudo o arquitetônico.

Por essas razões, o retrofit pode e deve buscar, com eficiência, dotar o edifício de atualidade tecnológica que possa traduzir-se em conforto, segurança, economia de energia e funcionalidade para os usuários sem desprezar a viabilidade econômica para o investidor.

## 2. OBJETIVO

Existe uma crescente demanda por salas de escritório nos centros urbanos e o preço de novos lotes para construção de edifícios comerciais acompanha esse crescimento. Os edifícios existentes tornam-se obsoletos frente às necessidades do mercado, além de dispendiosos, devido ao elevado custo de manutenção de sistemas prediais antigos.

Todavia, edifícios comerciais construídos nas décadas passadas estão localizados em regiões consolidadas das cidades, cercados por uma infra-estrutura urbana que demorou longos períodos para ser instalada, muitas vezes com salas espaçosas, bem iluminadas e ventiladas.

Com o cenário atual de escassez de recursos e crise ambiental, nada mais coerente do que a reciclagem desses espaços através de reformas voltadas para a sustentabilidade ou, utilizando o termo adotado pelo mercado, a adoção do processo de retrofit ecológico.

Nesse contexto, a Dávila Arquitetura recebe solicitações de reforma e atualização de edifícios projetados por nós nas décadas anteriores, 1980-1990. Tais edifícios cumpriram seu primeiro ciclo de vida útil.

Sendo assim, desenvolver um estudo com foco na sustentabilidade nos permitiria, de forma prática, iniciar um processo projetual para elaboração de futuros projetos com o mesmo foco.

Isto posto, é utilizado como objeto de estudo o Edifício Tech Tower, localizado no centro de Belo Horizonte e onde está instalada a sede de nosso escritório. O trabalho se propõe a analisar a satisfação de seus usuários e apontar melhorias prediais tendo em vista a eficiência energética e conforto ambiental.

A metodologia aplicada foi de Avaliação Pós Ocupação (APO), importante ferramenta de controle de qualidade nos ambientes construídos. Esta metodologia tem como principal característica levar em conta a opinião dos usuários, além de pareceres

dos técnicos, no processo avaliação (ORNSTEIN, BRUNA e ROMÉRO, 1992). Foram detectados pontos positivos e negativos no edifício. Os principais resultados foram analisados e, conforme as Normas Técnicas, foram propostas melhorias.

### 3. APRESENTAÇÃO DO ED. TECH TOWER



Fig. 01 – Foto Fachada Av. Augusto de Lima, 2011

Localizado no Centro de Belo Horizonte, na Avenida Augusto de Lima, 479, o Edifício Tech Tower foi projetado pelo Arquiteto Carlos Alberto Bittar Ribeiro. A conclusão da sua obra foi em meados de 1998 e, desde então, se configura como um dos edifícios mais altos da cidade, com 25 andares.



Fig. 02 – Vista aérea (Google Earth, 2011)

Fig. 03 – Foto Fachada Rua São Paulo, 2011

O edifício foi projetado como edifício comercial de salas de escritório e lojas no pavimento térreo. Atualmente cumpre essa função abrigando consultórios médicos, escritórios de contabilidade, advocacia, administração, arquitetura, engenharia, etc.

Possui um pavimento de pilotis com restaurante, administração, auditório e terraço descoberto utilizado por condôminos e visitantes além de quatro pavimentos de garagem. Esse estacionamento funciona 24 horas e é administrado por uma empresa terceirizada. São duas portarias, a principal na Avenida Augusto de Lima e a secundária no estacionamento da Rua Rio de Janeiro. O acesso até os pavimentos tipo é feito por seis elevadores, sendo um deles de serviço. Além de duas escadas de incêndio - apenas uma delas é pressurizada. Estima-se um fluxo de pessoas na ordem de cinco mil usuários por dia.

Destaca-se o pavimento tipo, composto por dezesseis salas comerciais que variam de 26 m<sup>2</sup> a 37 m<sup>2</sup>. Cada sala possui um lavabo e todos possuem ventilação mecânica

conectados ao sistema central de exaustão, localizado na cobertura.

A vedação entre as salas e a circulação é feita por blocos cerâmicos de 12 cm, com seis furos cada, rebocados em ambas as faces e pintado de branco na face da circulação. A vedação da fachada é feita por paredes maciças de concreto de 35 cm, rebocadas internamente e de concreto aparente na face externa. A vedação se integra com os pilares externos da estrutura de 80 x 80 cm, também de concreto.

As aberturas das salas são feitas por grandes janelas com caixilhos pretos e vidro fumê. As janelas correspondem a mais de 50% da área das fachadas e são similares em todas as orientações.



**Fig. 04 – Foto detalhe fachada, 2011**

**Fig. 05 – Foto corredores, 2011**

Os pisos das salas variam conforme o proprietário do ambiente e todas as circulações possuem piso em granito Branco Dallas. A existência, ou não de forro, também varia conforme a sala e todas as circulações possuem teto com forro de gesso branco e iluminação embutida.

#### 4. APO

Esta metodologia tem como objetivo detectar pontos positivos e negativos nos edifícios e espaços urbanos, propor soluções para patologias, sistematizar os acertos no caso avaliado e realimentar futuros projetos semelhantes. A APO serve, portanto, como importante fonte de consulta para arquitetos, engenheiros, empreiteiros e outros profissionais ligados ao projeto, construção e gerenciamento dos ambientes construídos. Entendida, como parte integrante do processo projetual.

A pesquisa buscou um nível de avaliação indicativo de curto prazo que proporciona, através de rápidas visitas exploratórias do ambiente e entrevistas com usuários-chaves e alguns visitantes, a indicação dos principais aspectos do objeto de estudo. A pesquisa dividiu-se em duas partes: avaliação física e a avaliação comportamental. A avaliação física baseou-se em vistorias do tipo “walkthrough”, medições dos níveis de iluminação artificial, temperatura e humidade do ar . Os resultados foram comparados com leis, normas e trabalhos científicos relevantes. A medida comportamental adotada foi a de aplicação de questionários nos usuários e visitantes.

O questionário utilizado (anexo 9.1) possui 30 perguntas e foi aplicado com a presença, ou não, do pesquisador. As questões 01, 02 e 29 buscaram confirmar se o perfil do entrevistado correspondia como usuário-chave. Nas questões de 03 a 28 foram utilizadas escalas de valores, com cinco variáveis indo do “péssimo” ao “ótimo”, passando por “precário”, “razoável” e “bom”. Na questão 30, foram deixados espaços para que os usuários ou visitantes falassem livremente, tanto sobre os aspectos que os deixassem insatisfeitos, quanto aos que os agradavam no edifício.

As questões 03 a 28 foram tabuladas utilizando-se o programa de computador Excel. Para formulação do diagrama de Pareto (Figura 06 e Figura 07) os valores numéricos foram de “2” para péssimo, “4” para precário, “6” para razoável, “8” para boa e “10” para ótima. A mínima média aceitável adotada foi de “5,5” em ambos os gráficos.

ORNSTEIN, Sheila Walbe; ROMÉRO, Marcelo de Andrade (colab.). Avaliação Pós Ocupação do Ambiente Construído. São Paulo, EDUSP/Studio Nobel, 1992.

## 5. RESULTADOS

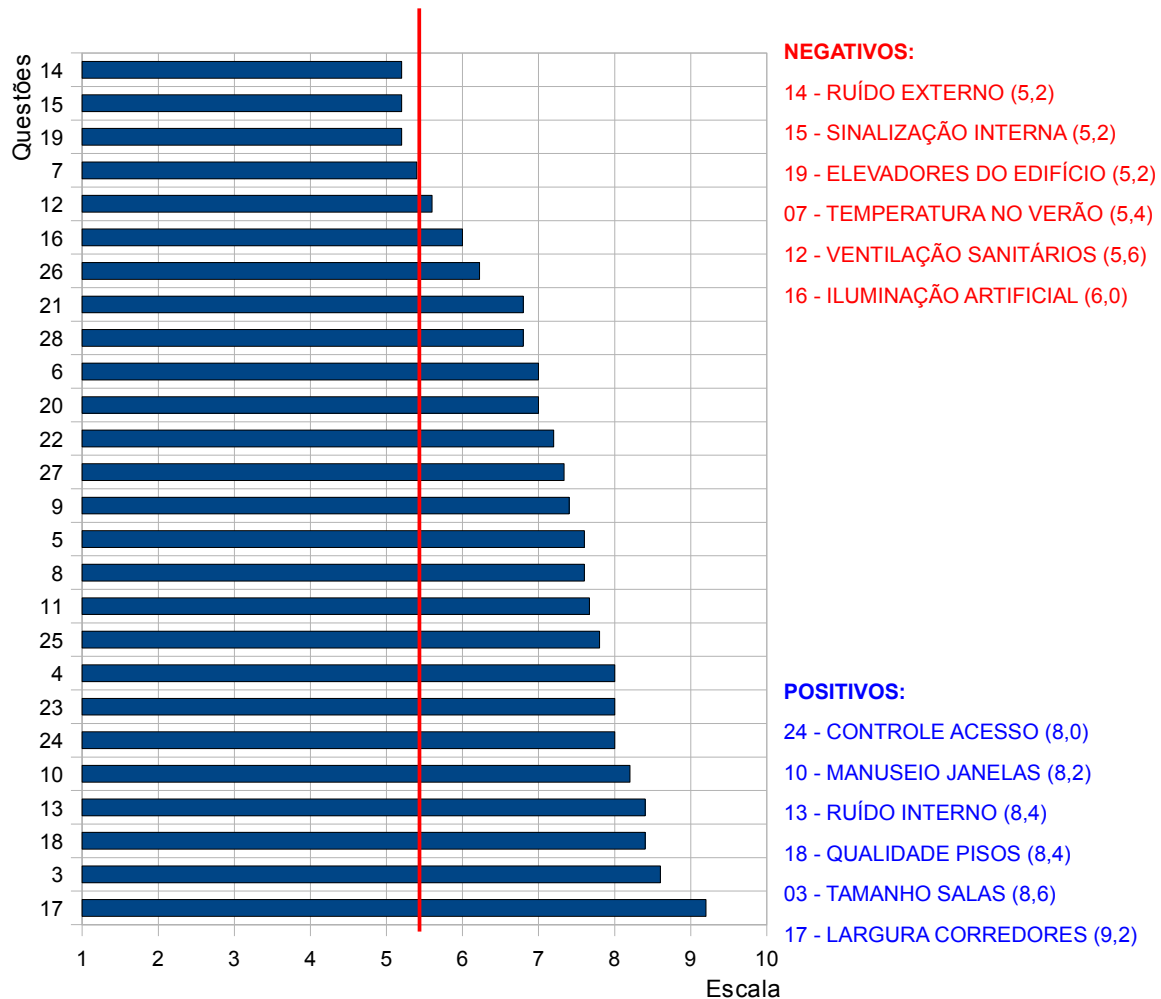


Fig. 06 – Gráfico de Pareto Usuários

Tendo em vista a mínima média aceitável, na escala de satisfação de 5,5 pontos, observa-se como itens de maior insatisfação pelos usuários do ETT a interferência do ruído externo nas salas de trabalho (1º), a deficiência na sinalização interna do edifício (2º), a insatisfação quanto aos elevadores (3º) e a temperatura desconfortável nas salas no período do verão (4º). Vale acrescentar como itens a serem contemplados nessa pesquisa, por atingirem baixas pontuações, a insatisfação com a ventilação dos sanitários (5º) e reclamações quanto à iluminação artificial de áreas de uso comum (6º).

Quanto aos itens de maior satisfação destaca-se a largura dos corredores (1º), o tamanho das salas (2º), a qualidade dos pisos (3º), a baixa interferência de ruídos internos nas salas (4º); a facilidade de manusear as janelas (5º) e a satisfação do controle de acesso ao ETT (6º).



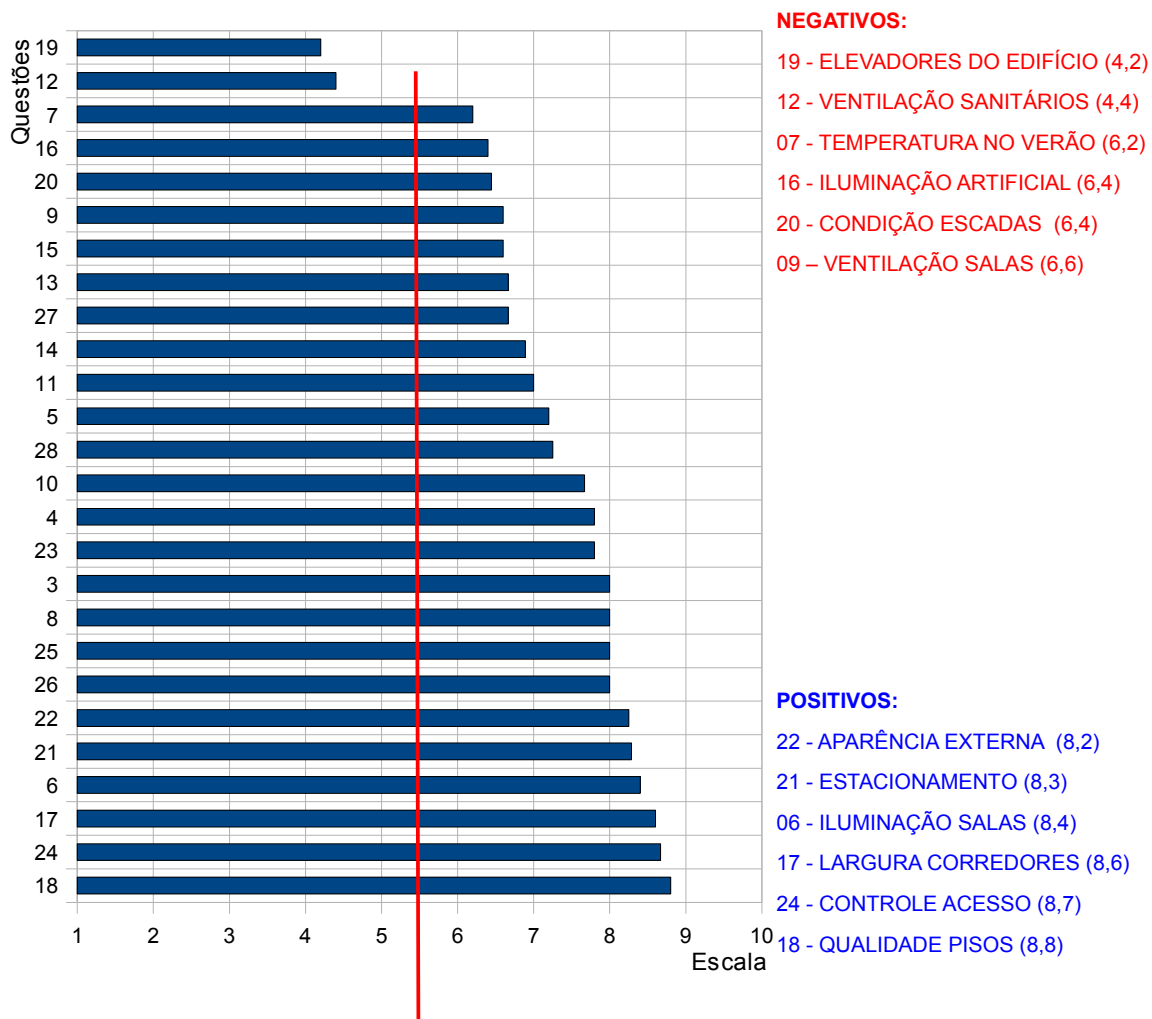


Fig. 07 – Gráfico de Pareto Visitantes

O mesmo questionário foi aplicado aos visitantes do ETT e observou-se como itens de maior insatisfação os elevadores (1º) e a ventilação dos sanitários (2º). Os itens como, temperatura nas salas no período do verão (3º), iluminação artificial de áreas de uso comum (4º), condição das escadas de emergência (5º) e ventilação das salas (6º) receberam uma pontuação considera razoável, acima de 6 pontos.

Os visitantes perceberam como itens de maior satisfação a qualidade dos pisos (1º); o controle de acesso ao ETT (2º), a largura dos corredores (3º); a iluminação artificial das salas (4º), o estacionamento (5º) e a aparência externa da edificação.

## **6. ANÁLISE E PROPOSTAS**

### **6.1. ANÁLISE DOS ITENS POSITIVOS**

Observam-se como itens de maior satisfação dos usuários as dimensões dos corredores e salas. A Legislação de BH indica, para situações semelhantes encontradas no ETT, que a largura de mínima de corredores deve ser de 1,2 m - representando a dimensão mínima necessária para a circulação simultânea de duas pessoas no mesmo trecho. No caso do ETT essa dimensão é de 1,5 m em todos os corredores, confirmando a percepção de conforto pelos entrevistados. Quanto ao tamanho das salas, é possível constatar que o mercado imobiliário oferece, na média, salas comerciais que variam de 22 m<sup>2</sup> a 25 m<sup>2</sup>. Todas as salas do ETT possuem dimensões superiores a essas.

No item referente à qualidade dos pisos, considerado pelos visitantes como item de maior satisfação, pode-se afirmar que recentemente o prédio passou por uma reforma nas áreas de uso comum e todo o piso antigo, peças cerâmicas de 15 x 15 cm na cor cinza, foram substituídas por placas de granito Branco Dallas. Essa alteração melhorou o aspecto visual e facilitou a limpeza das circulações. Além disso, agregou valor comercial ao ETT, proporcionando um padrão de acabamento superior em vista dos critérios do mercado.

A boa percepção sonora das paredes internas pode estar relacionada à largura dos corredores, a ocupação da maioria das salas estarem vinculadas a atividades de baixo ruído ou ao bom desempenho acústico que as câmaras de ar dos blocos cerâmicos proporcionam. Qualquer uma dessas alternativas deveria ser confirmada com medições no local e confrontada com as Normas NBR 10151:2000 e NBR 10152:2000.

Quanto ao item que diz respeito à facilidade de manuseio das janelas, vale a pena citar que nenhuma delas possui alças de abertura. Todavia, a condição de manutenção dos caixilhos é satisfatória. Razão pela qual as bandeiras móveis correm com facilidade.

A percepção positiva sobre o controle de acesso ao ETT deve estar relacionada à recente reforma que as portarias tiveram. Novas catracas com controle de cartão, reformulação do sistema de CFTV, porteiros 24 horas, entre outras melhorias.

As avaliações positivas reforçam a idéia que o ETT possui um espaço físico com dimensões generosas, o que atualmente é escasso no mercado de BH. Além do baixo ruído interno entre as salas, o fácil manuseio das janelas indica que as salas já possuem características satisfatórias que podem ser estendidas através de novas benfeitorias. Finalmente, a administração do condomínio conseguiu implantar um sistema de monitoramento e controle de acesso que transmite segurança para usuários. Logo, esses atributos podem ser úteis para realimentar futuros projetos semelhantes.

## **6.2. PROPOSTA DE APRIMORAMENTO DOS ITENS POSITIVOS**

É da responsabilidade da administração do condomínio proporcionar a manutenção das dependências do prédio e proporcionar investimentos contínuos na melhoria dos espaços e equipamentos. Dessa forma, esse estudo se restringe a uma breve análise desses aspectos, já que o foco da nossa proposta é apontar melhorias prediais tendo em vista a eficiência energética e conforto ambiental.

### **6.2.1. RUÍDO INTERNO**

Da lista de itens positivos, os usuários percebem, de forma intuitiva, que as fontes de ruídos internas não causam transtornos. Uma investigação poderia ser realizada para confirmar essa percepção através do uso de um MNPS, também chamado de decibelímetro. As normas NBR 10151:2000 e NBR 10152:2000 descrevem o ensaio e estipulam que o nível de ruído aceitável para os ambientes de circulação e salas de escritório devem estar abaixo de 55 dB e 65 dB, respectivamente.

Não obstante, essas Normas não diferenciam ruídos externos e internos. Tendo assim, um critério geral e uma abordagem prescritiva sobre os níveis de ruídos desejáveis.

Ou seja, a medição não levaria em conta a fonte do ruído (interna ou externa). E sim, se o resultado encontrado enquadra-se nos parâmetros estipulados pelas Normas de conforto acústico. Seguindo essa lógica, qualquer proposta de melhoria do conforto acústico das salas deve levar em consideração ambas as fontes.

### 6.3. ANÁLISE DOS ITENS NEGATIVOS

Fica explícito que boa parte dos itens criticados pelos usuários do ETT refere-se ao conforto ambiental. Começando pelo desconforto aos ruídos externos, percebe-se que a localização do edifício na região central da cidade, próximo a vias de grande circulação de veículos, com a presença de obras em lotes vizinhos, gera um cenário crítico para qualquer projeto que se proponha a atender requisitos acústicos satisfatórios. No caso do ETT, pode-se afirmar que esse critério não foi contemplado em momento algum. Uma análise dessa condição pelas Normas NBR 10151:2000 e NBR 10152:2000 pode gerar conclusões e propostas de melhoria.

Quanto à sinalização interna do edifício, em vários pavimentos ela foi retirada pelos próprios funcionários do condomínio em manutenções e não foi devidamente recolocada. Também foi observada a ação de condôminos que, em reformas pontuais, também removeram as placas de sinalização. No geral, o edifício não possui uma comunicação visual efetiva, o que resulta na precariedade desse aspecto.

A insatisfação de visitantes e usuários quanto aos elevadores do ETT pode estar relacionada à incipiência de atender a todos, principalmente nos horários de pico. É recorrente que algum dos seis elevadores, sendo um deles exclusivo para serviço, esteja parado devido a problemas técnicos. Vale ressaltar que o sistema está programado para que todos os elevadores, após realizarem o deslocamento, voltem para a portaria da Avenida Augusto de Lima. Isso provoca a lentidão do sistema para os usuários dos andares superiores, além de um gasto de energia que poderia ser equacionado de uma maneira mais eficiente.

Para essa última questão, deve-se, em primeiro lugar, confirmar a capacidade de transporte do sistema através de um cálculo de tráfego e posteriormente consultar um especialista sobre alternativas que otimizem o sistema de elevadores.

As críticas quanto à temperatura das salas no verão podem ser analisadas com medições no local e confrontadas com os parâmetros apresentados pela NBR 15220. Esse item será aprofundado no sub-tópico de *propostas de melhoria dos itens negativos*.

Mesmo estando acima da média mínima aceitável, a insatisfação quanto à ventilação dos sanitários é um item que merece ser analisado, pois existe um sistema de exaustão instalado. Acredita-se que ele pode estar sub-dimensionado ou, simplesmente, não está em operação. O condomínio pode ter desligado o sistema no intuito de economizar energia.

Outro item que solicita atenção, apesar de receber pontuações acima da média mínima aceitável, é a crítica quanto à iluminação artificial de áreas de uso comum. Recentemente o ETT trocou todas as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED buscando uma eficiência do sistema e uma economia na conta de energia. Em especial, o 8º pavimento, incrementou sua circulação instalando uma quantidade maior de lâmpadas de LED que a circulação dos demais pavimentos. Essa diferença entre os pavimentos pode ter gerado a insatisfação dos usuários dos demais pavimentos.

Esse item deve ser analisado através de medições no local e confrontado com os parâmetros apresentados pela NBR 5413.

#### **6.4. PROPOSTA DE MELHORIA DOS ITENS NEGATIVOS**

Mantendo a proposta de apontar melhorias prediais tendo em vista a eficiência energética e conforto ambiental não será desenvolvido o item referente à sinalização interna do edifício. No caso, ela deve ser revista através da contratação e execução de um projeto de comunicação visual. Ampliando assim, a segurança de seus usuários.

##### **6.4.1. RUÍDO EXTERNO**

A origem do desconforto referente ao ruído externo deve-se a grande circulação de pessoas e veículos nas vias que dão acesso ao ETT. Soma-se à localização do prédio no Centro de BH a existência de edifícios em construções em lotes vizinhos.

Existem resoluções do CONAMA e Leis Federais que dispõem sobre limites máximos de emissão de ruído por veículos automotores e exercício de determinadas atividades. Entretanto, não se pode afirmar que a fiscalização desses limites é realizada pelo poder

público.

Nesse caso, conforme comentado anteriormente sobre a análise da boa percepção de ruídos internos seria válido obter dados sobre os níveis de ruídos nas salas para averiguar de forma precisa o grau de desconforto. Com esses dados torna-se mais fácil definir uma estratégia para atenuar o problema.

Mais uma vez, cita-se que as normas NBR 10151:2000 e NBR 10152:2000 descrevem o ensaio e estipulam que o nível de ruído aceitável para os ambientes de circulação e salas de escritório devem estar abaixo de 55 dB e 65 dB, respectivamente.

Infelizmente não foi possível adquirir um aparelho para realizar os ensaios no decorrer da elaboração desse estudo.

#### **6.4.2. ELEVADORES DO EDIFÍCIO**

Os elevadores são grandes consumidores de energia elétrica em uma edificação vertical. Apesar do desenvolvimento de sistemas eletrônicos que otimizam o consumo, ainda é necessário que o número de equipamentos seja muito bem dimensionado a fim de que sejam evitados grandes desperdícios.

As características dos elevadores do ETT são: 6 elevadores de abertura central, com capacidade para 20 pessoas cada, com o vão livre de acesso de 110 cm, velocidade de 150m/min, com 25 paradas e percurso de cerca de 77 m. A programação existente é que todos os elevadores, após realizarem o deslocamento, voltem para a portaria da Avenida Augusto de Lima. Além disso, eles estão divididos em dois equipamentos para os andares pares, dois para os ímpares, um para todos os pavimentos e, por fim, um de serviço.

Segundo a NBR 5665, tais características atendem as necessidade do cálculo de tráfego para uma área de salas na ordem de 9.500 m<sup>2</sup>. Ou seja, o sistema está de acordo com os critérios mínimos necessários. Vale lembrar que o edifício já adota o sistema de paradas alternadas (elevadores para andares ímpares e pares).

Dessa forma, para buscar uma maior eficiência dos elevadores foi realizada uma reunião com o fabricante do equipamento (Thyssenkrupp) e ficou confirmado que os elevadores atendem os critérios mínimos de tráfego e já possuem VVVF, o que resulta, segundo ele, em uma grande economia de energia. Para aumentar a economia o Fabricante sugere a troca dos comandos eletro-mecânicos com comandos eletrônicos. Para melhorar o atendimento aos usuários sugeriu a instalação de um sistema de chamada antecipada (chamada antecipada ADC XXI).

Para comprovar a economia de energia, através da troca dos comandos eletro-mecânicos por comandos eletrônicos, verificamos as contas de energia de um edifício com o mesmo número de elevadores e características semelhantes ao ETT. Conseguimos obter as contas do Ed. São Paulo, localizado no Centro de BH, onde tais equipamentos já foram instalados.

	PERÍODO DE JAN A JUL/2002		PERÍODO DE JAN A JUL/2003		REDUÇÃO	
	Consumo (KW/h)	Custo (R\$)	Consumo (KW/h)	Custo (R\$)	Consumo (%)	Custo (%)
Bloco A	46.960,00	12.663,65	31.720,00	10.496,69	32,45	17,11
Bloco B	44.560,00	12.297,28	33.040,00	10.992,18	25,85	10,61
Total	91.520,00	24.960,93	64.760,00	21.488,87	29,24	13,91
	MÉDIA MENSAL		MÉDIA MENSAL		REDUÇÃO	
	Consumo (KW/h)	Custo (R\$)	Consumo (KW/h)	Custo (R\$)	Consumo (%)	Custo (%)
Bloco A	6.708,00	1.809,09	4.531,00	1.499,53	32,45	17,11
Bloco B	6.366,00	1.756,75	4.720,00	1.570,31	25,86	10,61
Total	13.074,00	3.565,84	9.251,00	3.069,84	29,24	13,91

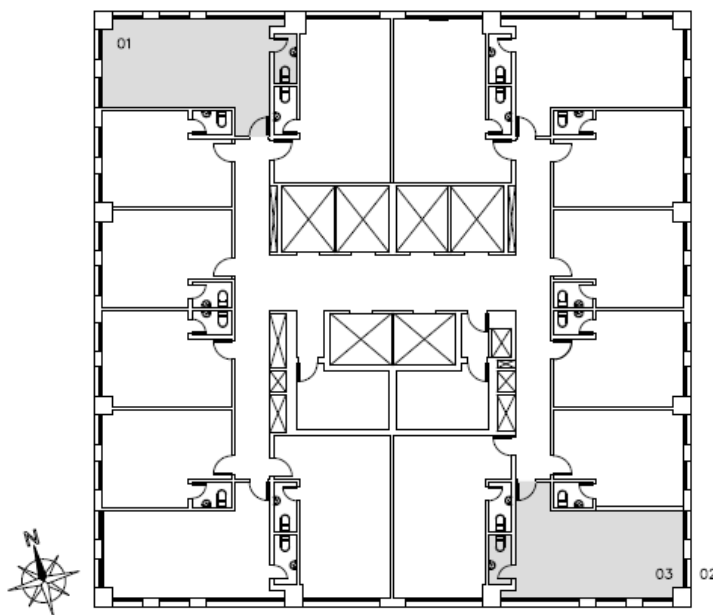
**Fig. 08 – Consumo Energia Ed. São Paulo**

Os períodos indicados apontam os gastos e custos do primeiro semestre de 2002 com os comandos eletro-mecânicos e os mesmos meses em 2003 com os novos comandos eletrônicos. Fica evidente uma redução de consumo na ordem de 30% e de custos na ordem de 14%.

### **6.4.3. TEMPERATURA NO VERÃO**

Para confirmar as condições de satisfação psicofisiológica dos usuários das salas do ETT são necessárias uma série de informações como as variações da temperatura do ar (diárias e anuais), índices médios de umidade relativa, radiação solar incidente,

velocidade e sentido dos ventos, índices pluviométrico, entre outros. Para esse estudo, coletamos através de um data logger Hobo a temperatura do ar e umidade relativa do ar horárias de duas salas comerciais nos períodos de 16/01/12 à 21/01/12. Um aparelho ficou na sala noroeste, acreditando que essa seria a mais quente do pavimento tipo por receber incidência solar na maior parte do dia, e outro na sala sudeste, que recebe menor incidência solar. Além disso, um terceiro aparelho ficou na fachada do ETT, devidamente protegido do sol e da chuva, para acompanhar os valores de temperatura e umidade relativa externos à edificação (ver figura 09).



**Fig. 09 – Localização aparelhos Hobo**

A variação de temperatura e umidade relativa desse período estão nos gráficos do anexo 9.3. Para fins práticos, uma tabela foi elaborada (ver figura 10) com os principais dados obtidos. Observamos que tais dados convergem com as informações do Diagrama Bioclimático de Givoni para Belo Horizonte (ver figura 11) para o mês de Janeiro. As temperaturas mínimas e médias de ambas as salas, junto com respectivos valores de umidade relativa, estão dentro da zona de conforto. A sala sudoeste indicou uma temperatura do ar máxima e umidade relativa do ar no limite entre a zona de conforto e zona de influência de ventilação. E a sala noroeste indicou uma temperatura do ar máxima e umidade relativa do ar dentro da zona de influência de ventilação.



Sala Noroeste – Hobo Alberto 01			
	°C	UR (%)	Horario
Temp. Max	30,3	45	18:50:00
Temp. Mín.	26,4	57	08:05:00
Temp. Média	27,9	51,5	-
Exteno – Hobo Alberto 02			
	°C	UR (%)	Horario
Temp. Max	31,5	42,6	17:15:00
Temp. Mín.	21,7	68,5	05:45:00
Temp. Média	26,5	54,7	-
Sala Sudoeste – Hobo Alberto 03			
	°C	UR (%)	Horario
Temp. Max	29	43	18:00:00
Temp. Mín.	23,3	65	08:18:00
Temp. Média	27	52,7	-

Fig. 10 – Tabela dados climáticos

Ou seja, a opção da ventilação cruzada poderia se configurar como uma estratégia de condicionamento térmico passivo para as salas no período do verão. Uma outra estratégia seria reduzir a incidência de radiação solar nas salas, reduzindo a temperatura interna no meses mais quentes, para voltar as condições da zona de conforto.

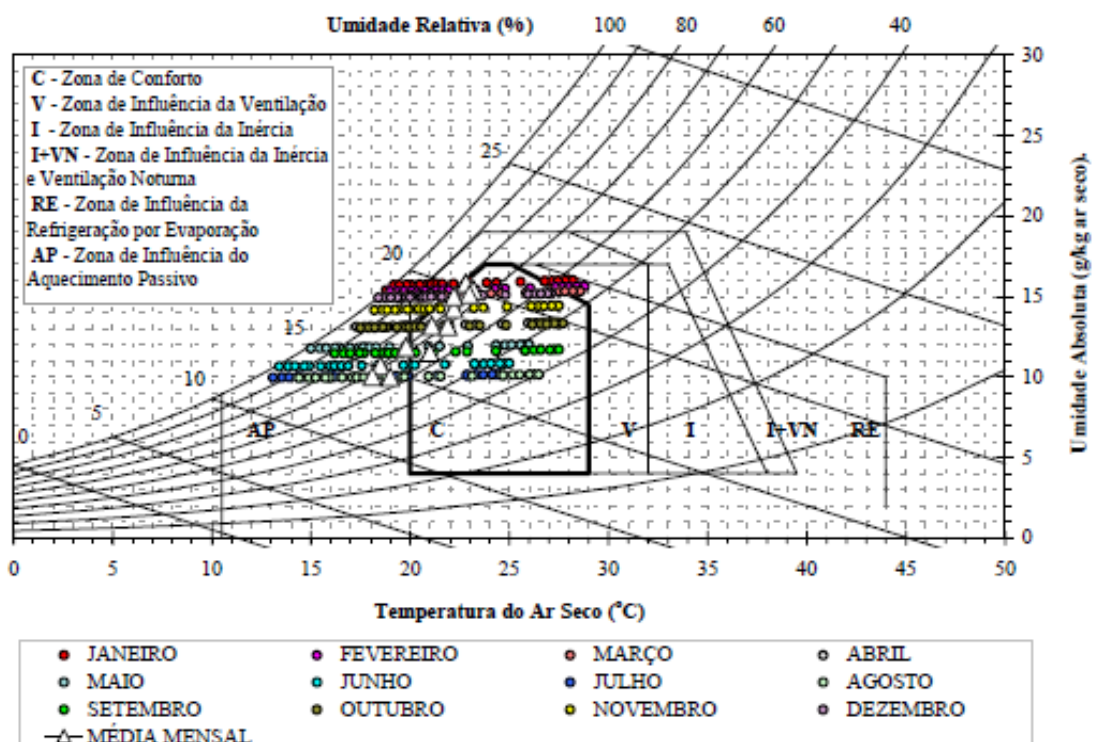


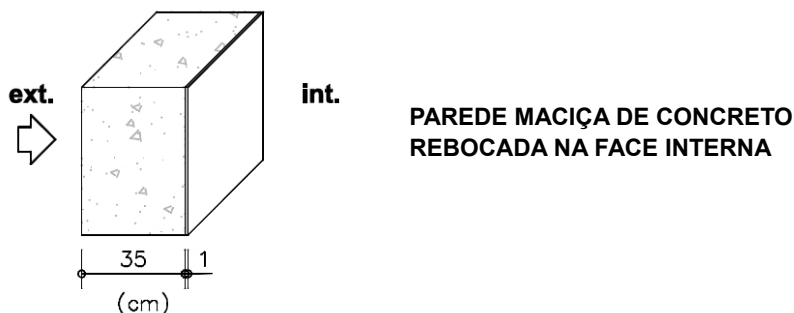
Fig. 11 – Diagrama Bioclimático de Givoni para Belo Horizonte, com variação estimada de 24h para os dados mensais. Fonte de dados: BRASIL, 1992.

Optou-se pela redução da temperatura devido a dificuldade de alterar a conformação interna do edifício. Sendo assim, a partir da pré-análise da orientação solar do ETT, das características das fachadas e da opinião dos usuários, pode-se concluir que as salas com maior incidência de radiação solar indesejada são as situadas nas fachadas norte (Av. Augusto de Lima) e oeste (Rua São Paulo). Essas salas possuem fechamentos opacos - paredes maciças de concreto de 35 cm, rebocadas internamente e de concreto aparente na face externa - e aberturas feitas por grandes janelas com caixilhos pretos e vidro fumê. As janelas correspondem a mais de 50% da área das fachadas e são similares em todas as orientações.

Isto posto, é feita a seguir a análise das propriedades térmicas dessas paredes para averiguar o comportamento da mesma. Foram utilizadas as especificações oferecidas na NBR 15220 por falta de dados técnicos da parede de concreto.

#### Propriedades térmicas da parede:

Material	$\rho(\text{kg/m}^3)$	$\lambda(\text{W/m.K})$	$e(\text{kJ/kg.K})$
Concreto Normal	2400	1,75	1
Reboco	2000	1,15	1



#### a) Resistência Térmica da Parede

$$R_T = \frac{e_{\text{concreto}}}{\lambda_{\text{concreto}}} + \frac{e_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{reboco}}} = \frac{0,35}{1,75} + \frac{0,01}{1,15} = 0,2008 \text{ (m}^2\cdot\text{K)W}$$

#### b) Resistência Térmica Total

$$R_T = R_{si} + R_T + R_{se} = 0,13 + 0,2008 + 0,04 = 0,3708 \text{ (m}^2\cdot\text{K)W}$$

#### c) Transmitância Térmica

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,3708} = 2,69 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

$$R_T = 0,3708$$

d) *Capacidade Térmica da Parede*

$$C_T = \sum_{i=1}^2 e_i \cdot c_i \cdot \rho_i = (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{concreto}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{reboco}}$$

$$C_T = 0,35 \cdot 1 \cdot 2.400 + 0,01 \cdot 1 \cdot 2.000 = 840 + 20 + 860 \text{ Kj (m}^2 \cdot \text{K)}$$

e) *Atraso Térmico*

Foi considerado para cálculo o fechamento como placa homogênea.

$$\Phi = 0,7284 \cdot \sqrt{R_T + C_T}$$

$$0,7284 \cdot \sqrt{0,2008 \times 860} = 0,7284 \times 13,14 = 9,5 \text{ horas}$$

Tendo como referência o índice de transmitância térmica das paredes externas da Etiqueta PROCEL - Zona Bioclimática de BH=3 e  $U < 3,7 \text{ W/m}^2\text{k}$  para ser classificado com nota A - conclui-se que o índice encontrado de  $U = 2,69 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{k)}$ , pode ser considerado um resultado satisfatório.

A Etiqueta orienta pelo método prescritivo, independente da composição da parede, a adoção de uma cor de baixa absorvância solar,  $\alpha < 0,50$ . No ETT, o índice do concreto aparente (0,60/0,80) limitaria a etiquetagem da envoltória a "B". Não obstante, o desempenho final não é prejudicado pois o atraso térmico dessas paredes é de 9,5 h.

Ou seja, o calor transmitido pela parede externa chega ao ambiente interno no período noturno, período este em que as salas não estão sendo utilizadas. Deve-se manter a preocupação em retirar esse calor através da ventilação noturna. O que é favorecido graças às bandeiras fixas de veneziana situadas na parte superior das janelas.

Todavia, as janelas representam um elevado percentual da área de fachada. Sendo assim, elas se tornam responsáveis por boa parte dos ganhos de calor das salas no período de verão.

Logo, é preciso que seja pensada uma maneira de proteger a radiação solar que entre pelas janelas. Trocar o vidro fumê por outro de melhor desempenho seria uma

alternativa. Nesse caso, optou-se por um sistema de proteção das aberturas da radiação solar, ou seja, a utilização de *brise soleil*, sem permitir o bloqueio total da luz.

Para projetar corretamente o sombreamento de uma janela, primeiramente é necessário conhecer a trajetória solar da localidade e determinar a trajetória do sol (carta solar). A partir disso, é possível determinar a incidência de radiação solar conforme a orientação da fachada. Em seguida, através de um transferidor auxiliar, pode-se obter os ângulos dos brises que se deseja projetar.

A seguir seguem os estudos realizados para as fachadas norte (Av. Augusto de Lima) e oeste (Rua São Paulo). Por último, segue uma proposta de brise para melhorar o comportamento térmico das salas que recebem grande quantidade de radiação solar no verão.

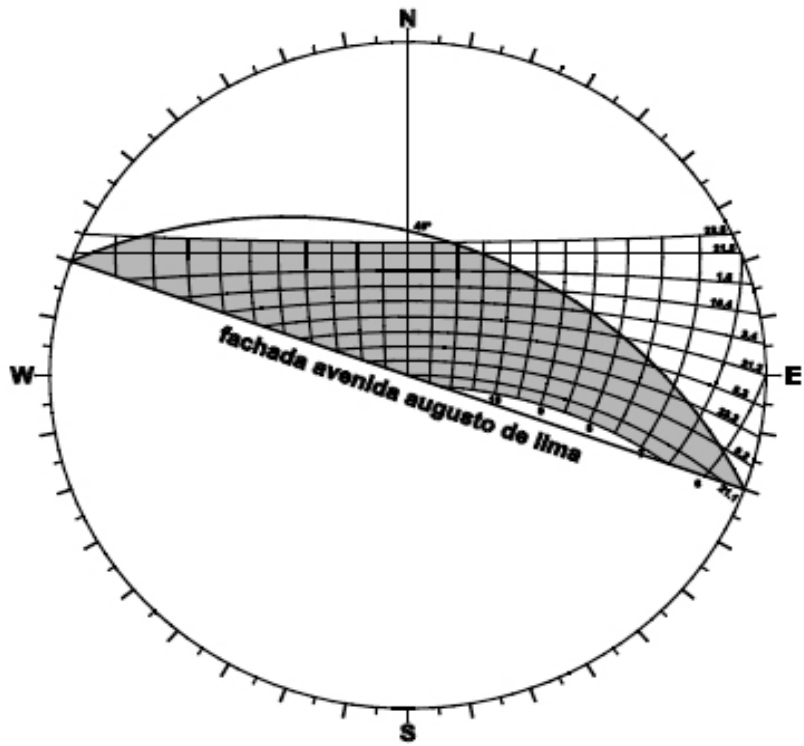


Fig. 12 – Estudo Solar Fachada Av. Augusto de Lima

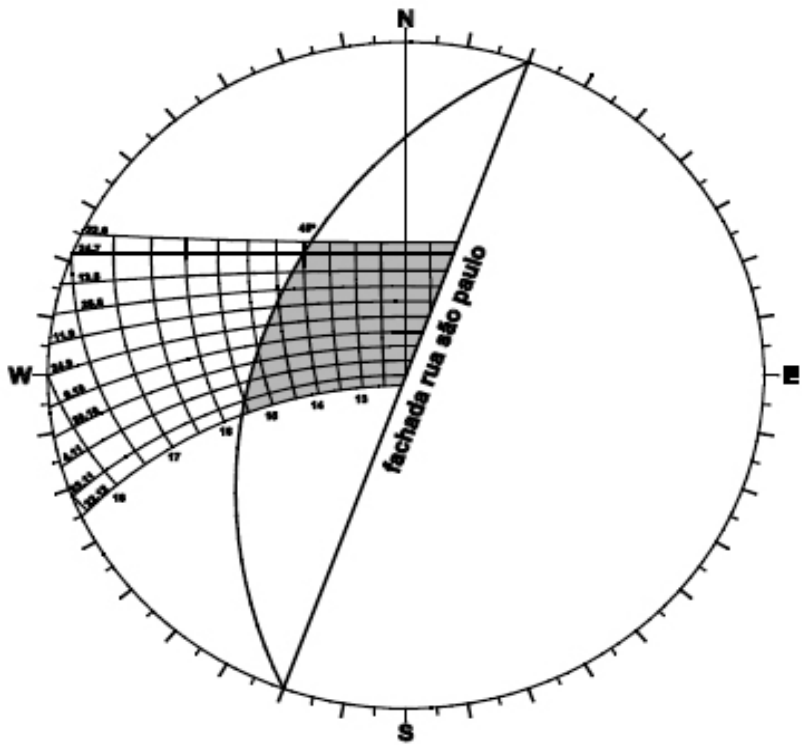
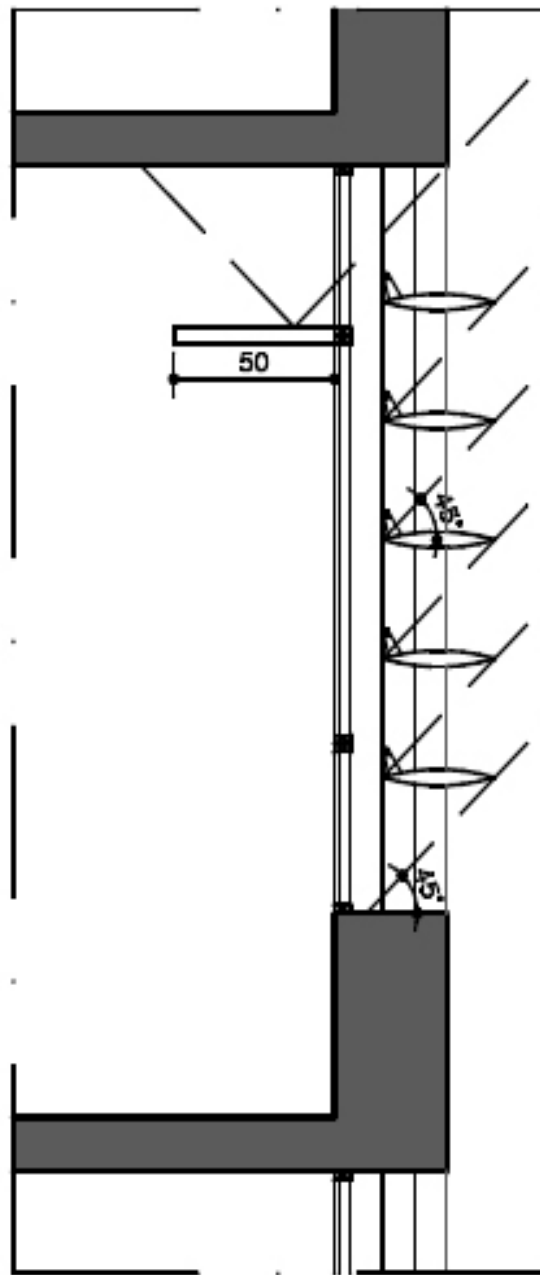
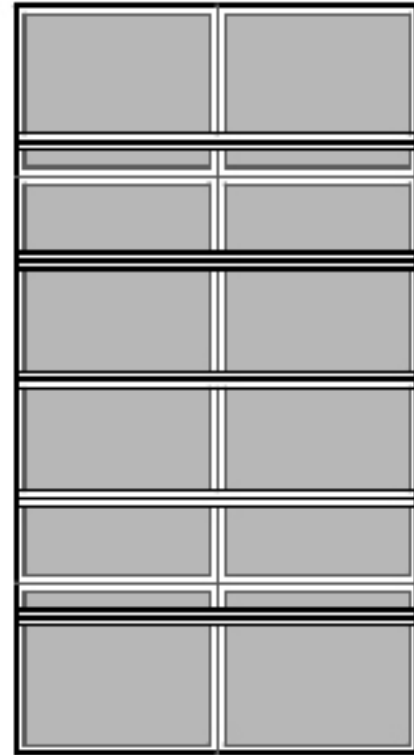


Fig. 13 – Estudo Solar Fachada Rua São Paulo



CORTE



VISTA



**proposta brise fachadas norte e oeste**

escala 1/25



Fig. 14 – Proposta de brise horizontal



**Fig. 15 – Perspectiva renderizada do ETT simulando aplicação do brise horizontal**

#### 6.4.4. VENTILAÇÃO DOS SANITÁRIOS

Para melhor compreender esse item foi solicitada a opinião de um especialista. Partindo do fato que são 16 sanitários por pavimento, com dimensões médias indicadas na tabela abaixo, obtemos o seguinte cálculo de vazão:

Local	Área	PD	Volume	Taxa (*)	Vazão	Vazão adotada (**)
I.S.	m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>	rph	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h
	1,7	2,6	4,42	20	88,4	90

(\*) Tabela 6.3 – Renovações de ar recomendada (ASHRAE – Guide and Database)

Valor = 8-20 rph (renovações por hora)

Verificação industrial e Controle de poluição – Macintyre

(\*\*) Caso o ambiente contiguo possua ar condicionado esta vazão deve ser checada de modo a não exceder à vazão de ar externo.

Ficou concluído que os valores necessários para atender a vazão de ar dos sanitários conferem com o tamanho dos dutos apresentados no projeto de exaustão do ETT (anexo 9.2). O maquinário também possui as especificações exigidas para a retirada de ar.

Logo, retomamos a hipótese que o condomínio tem desligado os equipamentos no intuito de economizar energia. A solução seria religar os equipamentos, ao menos no período comercial.



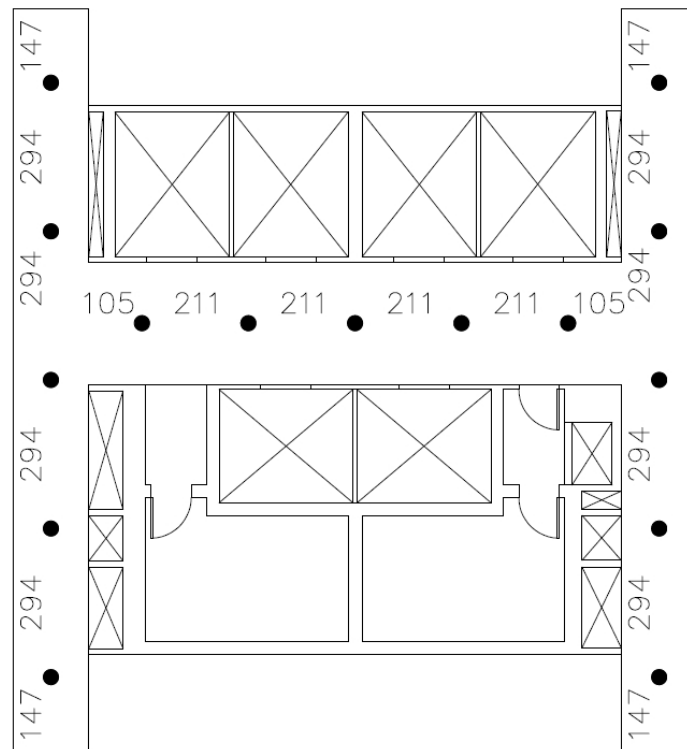


Fig. 16 – Foto dos dutos de ar no entreforro da circulação, 2010

#### 6.4.5. ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Não conseguimos as especificações das lâmpadas e luminárias instaladas. Muito menos informações técnicas, como dados fotométricos.

Não obstante, foi esboçado um croqui do forro com a distância ente as luminárias (Fig. 17) e realizado medições com o luxímetro (Fig20 a Fig. 21) para conferir os níveis de iluminação artificial nos corredores do ETT. Os resultados causaram surpresa, pois recentemente o condomínio trocou todas as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED. Observou-se que os corredores apresentam um nível médio de 41 lux, com exceção do corredor do 8º Pavimento, que apresenta um nível médio de 434 lux. Nesse Pavimento foram instaladas lâmpadas tubulares de LED (Fig 19), razão pela qual os níveis de iluminação desse ambiente se difere dos demais.



**Fig. 17 – Croqui do forro dos corredores com a distância entre as luminárias de LED**

A administração do Condomínio alega que foi estimado um nível de iluminância na ordem de 200 lux para os corredores. Entretanto, foi constatado uma depreciação desse fluxo e, atualmente, ele representa pouco mais de 20% do inicialmente estimado.



**Fig. 18 – Foto corredor Tipo, 2011**



**Fig. 19 – corredor 8º Pavimento, 2011**



**Fig. 20 – Foto resultado medição corredor Tipo (Média de 41 Lux), 2011**



**Fig. 21 Foto resultado medição corredor 8º Pavimento (Média de 434 Lux), 2011**

A NBR 5413 determina níveis de iluminâncias gerais para corredores e escadas entre 75 a 150 lux. Níveis esses, muito distantes dos encontrados no ETT. Posto que nos pavimentos tipo o baixo valor encontrado prejudica a identificação do espaço e no corredor do 8º pavimento gera desconforto devido a mudança abrupta de iluminação.

Logo, se faz necessário um novo projeto luminotécnico que equacione essas diferenças proporcionado conforto aos usuários e e eficiência energética para o condomínio.

No anexo 9.4 segue uma proposta de um novo projeto luminotécnico para os corredores do ETT atendendo os parâmetros da NBR 5413. O projeto seguiu o método dos lúmens através do programa Softlux 2.2., do Fabricante Itaim.

## 7. CONCLUSÃO

O estudo permitiu identificar e mapear os principais problemas e qualidades existentes no ETT. Mais ainda, possibilitou aprender a metodologia de APO e aplicá-la em um caso cotidiano. Ambos os resultados obtidos, negativos e positivos, podem realimentar futuros projetos.

Nesse sentido, na expectativa de aprofundar as opiniões dos usuários sobre seu espaço de uso, seria válido estender o tempo de pesquisa e ampliar o número de entrevistados. Todavia, essa possibilidade exigiria um tempo estendido que não se apresenta para um trabalho de conclusão de curso de especialização.

A impossibilidade de acesso à instrumentos de medição, como o decibelímetro, apresentou-se como uma barreira para quantificar os problemas encontrados. Uma avaliação inicial de caráter qualitativo é necessária e válida. Entretanto, confirmar as impressões com dados precisos gera maior segurança e certezas no momento de propor melhorias.

Essa última afirmativa foi o que norteou o desenvolvimento deste trabalho. Através de consultas às Normas Técnicas foi possível estabelecer quais parâmetros se deveria atingir para os problemas encontrados. Infelizmente, não é usual que os profissionais da construção civil consultem com frequência tais Normas. Tal postura auxiliaria que as edificações estivessem mais próximas dos níveis de satisfação de conforto ambiental e de eficiência energética.

Vale ressaltar que o curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído trouxe um embasamento que permitiu compreender os problemas apontados. Em virtude disso, tornou-se mais fácil determinar diretrizes em conjunto com especialistas no assunto.

Com o tempo, a experiência em trabalhos desse gênero proporcionará um repertório de soluções e uma visão ampliada da interrelação com outras disciplinas. Posto que qualquer trabalho dessa natureza apresentará melhores resultados quando desenvolvido em conjunto com demais profissionais de projetos.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANT NBR 5413 – Iluminância de interiores; ABNT; Rio de Janeiro, 1992

ABNT NBR 10151:2000 – Avaliação de ruídos em áreas habitadas visando o conforto da comunidade; ABNT; Rio de Janeiro, 2000

ABNT NBR 10152:2000 – Níveis de ruído para conforto acústico; ABNT; Rio de Janeiro, 2000

ABNT NBR 15220-2:2005 – Desempenho térmico de edificações Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificação; ABNT; Rio de Janeiro, 2005  
ABNT NBR 5665:1983 – Cálculo de tráfego nos elevadores; ABNT; Rio de Janeiro, 1983

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. Norma ASHRAE – ANSI Resna 90.1.2007; Norma de Energia com Exceção dos Edifícios Residenciais de Baixa Altura.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação mais sustentável / coordenadores Vanderley Moacyr John, Racine Tadeu Araújo Prado . - São Paulo : Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010.

CREA – MG. Sustentabilidade e Eficiência Energética no Ambiente Construído

FROTA, Anésia Barros. Geometria da Insolação, São Paulo, Geros, 2004

FROTA, Anésia Barros. SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual do Conforto Térmico. São Paulo, Studio Nobel, 2001

GUELLER, HOWARD S. Revolução Energética: políticas para um futuro sustentável / Howard Steven Geller: Tradução Maria Vidal Barbosa; revisão técnica Márcio Edgar Schuler. - Rio de Janeiro: Remule Dumacá: USA id. 2003.

LAMBERTS, R.; PEREIRA, F.; DUTRE, L.; GOULART, S. Eficiência Energética na Arquitetura. PW Editores, 1998

LABEE – Procel Edifica – Eletrobrás. RTQC: Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.

LABEE – Procel Edifica – Eletrobrás. RTQC: Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.

ORNSTEIN, Sheila Walbe; ROMÉRO, Marcelo de Andrade (colab.). *Avaliação Pós Ocupação do Ambiente Construído*. São Paulo, EDUSP/Studio Nobel, 1992.

RAMOS, A. Incorporação Imobiliária: Roteiro para Avaliação de Projetos. Brasília: Lettera Editora, 2002.

## 9. ANEXO

### 9.1 QUESTIONÁRIO

#### AVALIAÇÃO DE PÓS-OCUPAÇÃO: EDIFÍCIO TECH TOWER

Entrevistado: \_\_\_\_\_

Sala: \_\_\_\_\_ Pavimento: \_\_\_\_\_

**01)** Há quanto tempo você usa o edifício?

\_\_\_ anos \_\_\_ meses

**02)** Função que você ocupa?

\_\_\_\_\_

**03)** Como você qualifica sua sala de trabalho quanto ao tamanho?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**04)** Como você qualifica sua sala de trabalho quanto à quantidade de móveis?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**05)** Como você qualifica a iluminação natural de seu ambiente de trabalho?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**06)** Como você qualifica a iluminação artificial de seu ambiente de trabalho?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**07)** Quanto à temperatura no verão, você considera sua sala como?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**08)** Quanto à temperatura no inverno, você considera sua sala como?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**09)** Como você qualifica a ventilação de seu ambiente de trabalho?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**10)** Como você qualifica a facilidade de manuseio das janelas?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**11)** Como você qualifica o sistema de ar-condicionado de seu ambiente de trabalho?

- (a) Ótimo
- (b) Bom
- (c) Razoável
- (d) Precário
- (e) Péssimo

**12)** Qual sua opinião sobre os sanitários quanto à ventilação?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**13)** Como você qualifica a interferência do ruído interno (do edifício) na sua sala de trabalho?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**14)** Como você qualifica a interferência do ruído externo (rua) na sua sala de trabalho?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**15)** Quanto a sinalização interna do edifício, como você a qualifica?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária

(e) Péssima

**16)** Como você qualifica a iluminação artificial do edifício?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**17)** Qual sua opinião sobre a largura dos corredores?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**18)** Quanto aos pisos do edifício qual a sua opinião?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**19)** Quanto aos elevadores do edifício qual a sua opinião?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**20)** Quanto as escadas do edifício qual a sua opinião?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**21)** Quanto ao estacionamento do edifício qual a sua opinião?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**22)** Quanto a aparência externa do edifício qual a sua opinião?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**23)** Quanto a aparência interna do edifício qual a sua opinião?



- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**24)** Quanto ao controle de acesso qual a sua opinião?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**25)** Quanto a segurança do edifício contra terceiros, você avalia como?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**26)** Quanto à segurança do edifício contra fogo, você avalia como?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**27)** Quanto a segurança do edifício contra acidentes pessoais, você avalia como?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

**28)** Como você avalia a adaptação do edifício ao uso pelo portador de necessidades especiais?

- (a) Ótima
- (b) Boa
- (c) Razoável
- (d) Precária
- (e) Péssima

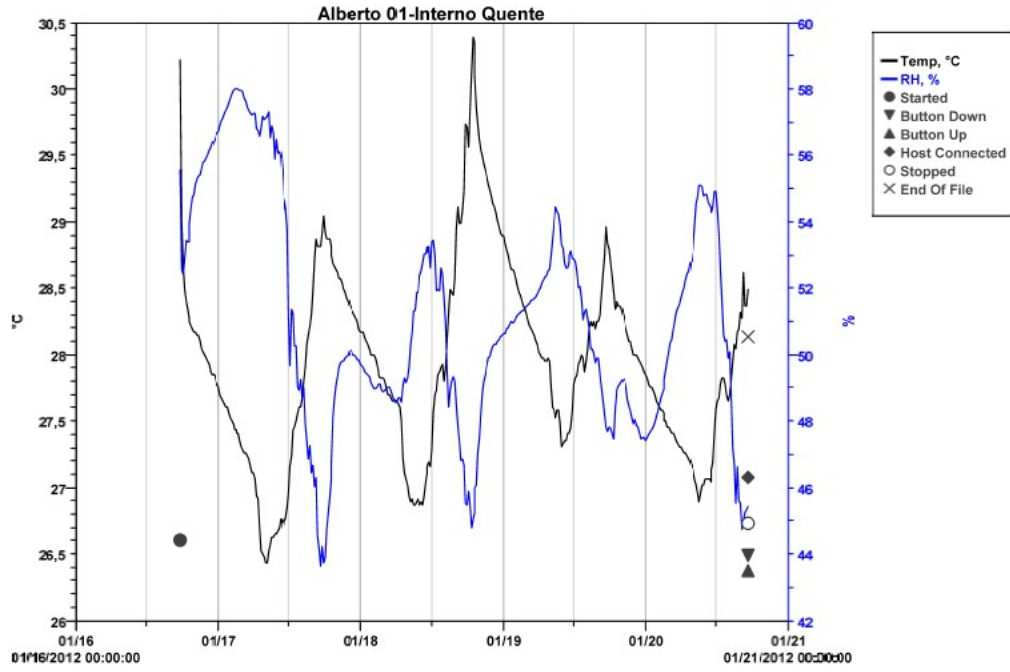
**29)** Além da sua sala de trabalho quais dos seguintes locais você utiliza mais?

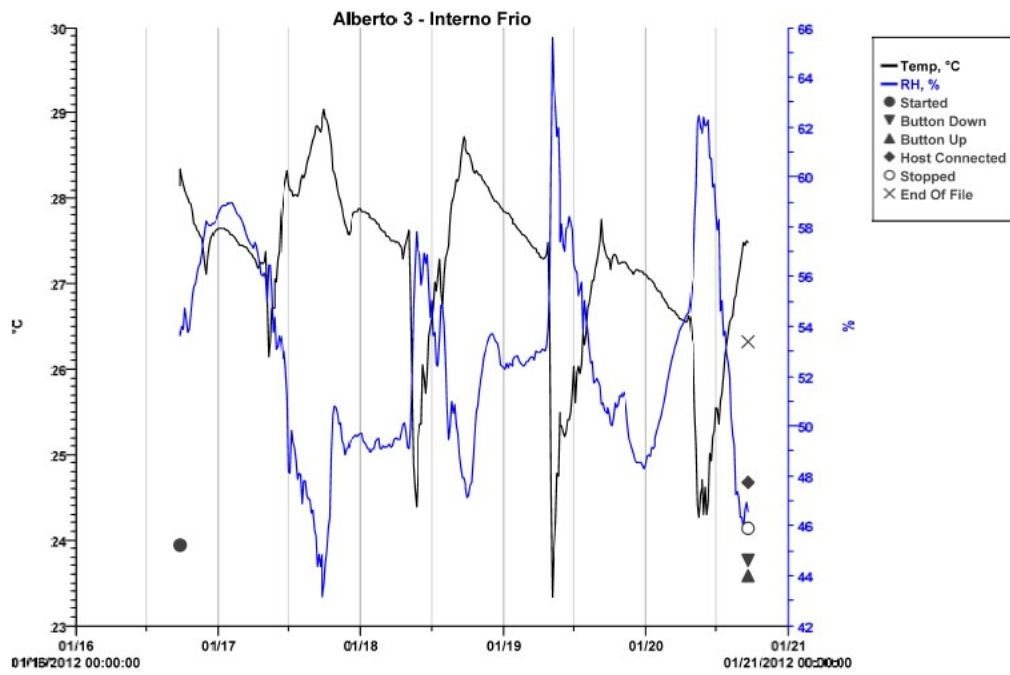
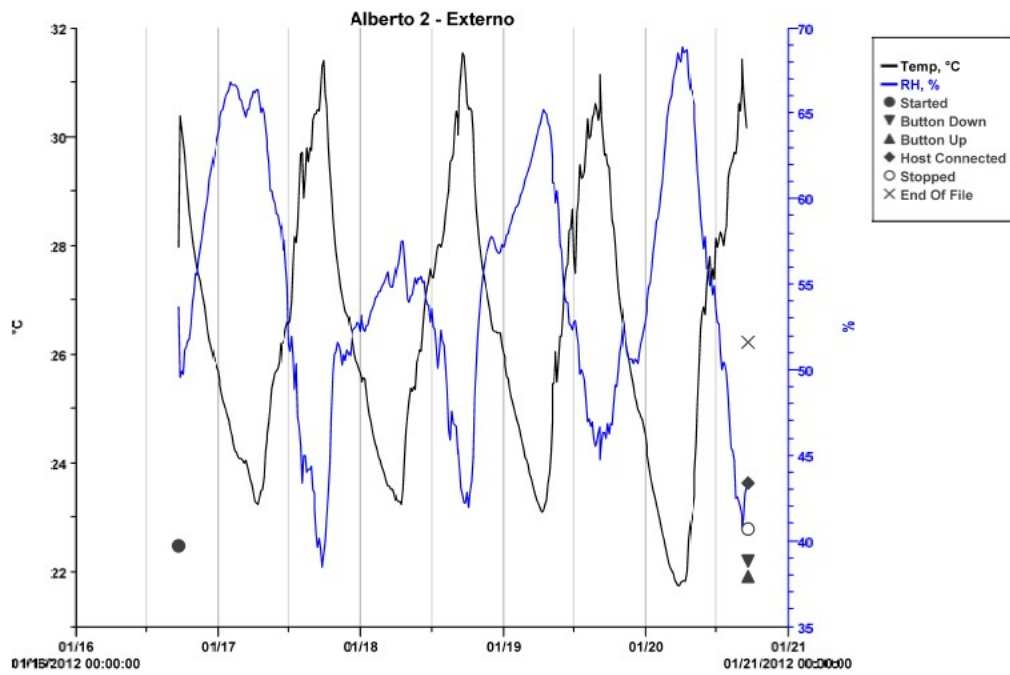
- (a) Pilotis
- (b) Lanchonete
- (c) Garagem
- (d) Hall de Acesso
- (e) Escada
- (f) Auditório
- (g) Administração

**30)** Campo aberto para comentários:



### 9.3 REGISTROS HOBO





## 9.4 PROJETO LUMINOTÉCNICO CIRCULAÇÃO



### CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

#### DADOS DO CLIENTE

**Empresa:** Alberto  
**Obra:** Tech Tower  
**Dados adicionais:**  
**Autor:** Alberto  
**Data:** 6/12/2011  
**Revisão:** R00

#### RESUMO

Ambiente	Luminária	Código	Qtde	$E_{mcr}(lx)$	$E_{méd}(lx)$	$E_{máx}(lx)$	$E_{mín}(lx)$
Circulação Lateral	Opala 2xTC-D 26W	8017.2C3.110	6	196	139	158	75
Circulação Central	Opala 2xTC-D 26W	8017.2C3.110	6	213	178	216	78

## CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

### DADOS DO AMBIENTE

Ambiente: Circulação Lateral

#### Dimensões:

Comprimento:	14,70 m
Largura:	1,50 m
Pé direito:	2,40 m
Plano de trabalho:	0,00 m
Altura de suspensão:	0,00 m

#### Cores e refletância: Média

Teto:	70
Parede:	50
Piso:	10

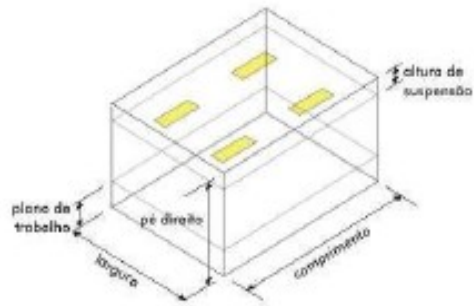
Condições do ambiente: Limpo

Fator de perdas luminosas: 0,8

Fluxo luminoso: 1800 lm

Fator de reator: 1,00

Tipo de atividade:



### DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS

Luminária:	Opala 2xTC-D 26W	Código:	8017.2C3.110
Iluminância solicitada:	200 lux		
Quantidade:	6		
Número de colunas:	6	Número de linhas:	1
Distância entre colunas:	2,45 m	Distância entre linhas:	
Distância parede-colunas:	1,23 m	Distância parede-linhas:	0,75 m



## CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

## RESULTADOS

<b>Ambiente:</b>	Circulação Lateral	<b>E médio:</b>	139 lx
<b>Luminária:</b>	Opala 2xTC-D 26W	<b>E máximo:</b>	158 lx
<b>Código:</b>	8017.2C3.110	<b>E mínimo:</b>	75 lx
<b>Quantidade:</b>	6	<b>E mcz:</b>	196 lx

## PONTO A PONTO

114 328 384 251 51 52 49 48 56 50 44 39 54 48 45 52 53 42 39 38 15

## ILUMINÂNCIA



Cálculo realizado pelo método ponto a ponto, em função dos dados fotométricos da luminária. Não considera as reflexões no teto, paredes e piso.

## ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

## OPALA 2XTC-D 26W



8017.3C3.110

**Especificação:** Luminária circular de embutir, para 2 lâmpadas fluorescentes compactas de 26W, duplas, 2 pinos. Corpo em alumínio repuxado com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Refletor em alumínio anodizado. Difusor recuado em vidro plano temperado transparente. Necessita reator eletromagnético.

**Aplicação:** Iluminação geral difusa de áreas internas. Indicada para uso em locais que necessitem de grande controle de ofuscamento. Escritórios, hospitais, hotéis, estabelecimentos comerciais e locais similares.

**Rendimento:** 51%

**Dimensões:** L= Ø 233 x A= 150 mm. / Nicho: Ø 210 mm.

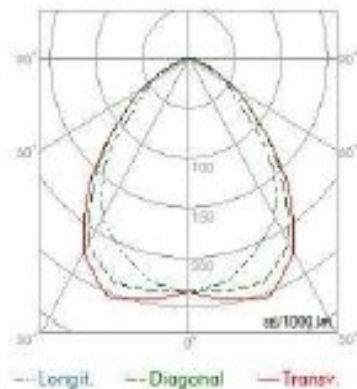
### DESENHO



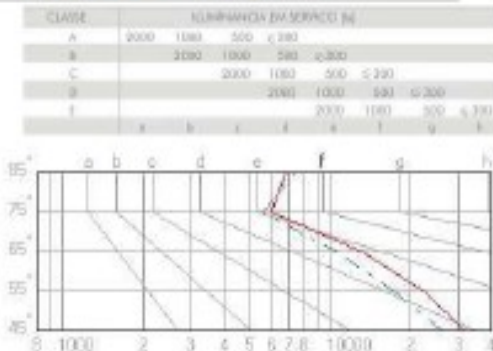
### FATOR DE UTILIZAÇÃO

CELO (%)	70			50			30			0
PARTE (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0	0
ESQ. (%)	30			30			10			0
h	FATOR DE UTILIZAÇÃO (x100)									
0,60	28	29	22	27	24	22	24	22	21	21
0,80	33	34	27	32	29	27	29	27	26	26
1,00	34	33	31	34	33	31	32	31	30	30
1,25	39	37	34	39	36	34	36	34	33	33
1,50	43	39	37	41	39	37	38	37	36	36
2,00	45	42	41	44	42	41	42	40	39	39
2,50	47	45	44	46	45	43	44	43	42	42
3,00	49	47	46	48	46	45	45	45	44	44
4,00	50	49	48	49	48	47	47	47	46	46
5,00	51	50	49	50	49	48	48	48	47	46

### CURVA DE DISTRIBUIÇÃO LUMINOSA



### DIAGRAMA DE LUMINÂNCIA



Núrolux Ind. e Com. de Aparelhos Elétricos Ltda.  
 f | 11 4785 1010  
 f | 11 4785 1034  
 Rod Régis Bittencourt, km 270  
 06518-300 Embu - SP  
 www.nurolux.com.br





## CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

## DADOS DO AMBIENTE

Ambiente: Circulação Central

## Dimensões:

Comprimento:	10,50 m
Largura:	2,40 m
Pé direito:	2,40 m
Plano de trabalho:	0,00 m
Altura de suspensão:	0,00 m

## Cores e refletância: Média

Teto:	70
Parede:	50
Piso:	10

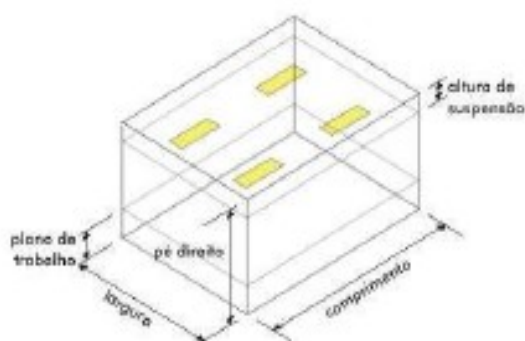
Condições do ambiente: Limpo

Fator de perdas luminosas: 0,8

Fluxo luminoso: 1800 lm

Fator de reator: 1,00

Tipo de atividade:



## DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS

Luminária: Opala 2xTC-D 26W

Código: 8017.2C3.110

Iluminância solicitada:

Quantidade: 6

Número de colunas: 6

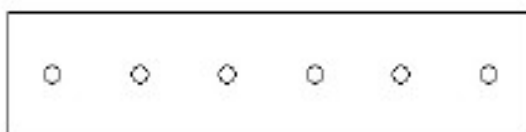
Número de linhas: 1

Distância entre colunas: 1,75 m

Distância entre linhas:

Distância parede-colunas: 0,88 m

Distância parede-linhas: 1,2 m




**ITAIM**  
 ILUMINAÇÃO

## CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

### RESULTADOS

<b>Ambiente:</b>	Circulação Central	<b>E médio:</b>	178 lx
<b>Luminária:</b>	Opala 2xTC-D 26W	<b>E máximo:</b>	216 lx
<b>Código:</b>	8017.2C3.110	<b>E mínimo:</b>	78 lx
<b>Quantidade:</b>	6	<b>E mcz:</b>	213 lx

### PONTO A PONTO

68 108 136 205 207 213 206 213 207 207 206 108 108  
 108 108 206 205 207 213 206 213 207 205 206 108 108

### ILUMINÂNCIA



Cálculo realizado pelo método ponto a ponto, em função dos dados fotométricos da luminária. Não considera as reflexões no teto, paredes e piso.

