INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO - USP

CONFORTO TÉRMICO E ENERGIA

SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE PARA ARQUITETURA

Prof. Tadeu Fabrício Malheiros

Grupo 7a: Bruno, Guilherme, Renato

Índice

1. Introdução.....3

2. Metodologia 4

3. Revisão bibliográfica e identificação de estudos de caso e boas práticas 7

4. Análise técnica e arquitetônica do Edifício Bloco D 10

4.1 Análise Arquitetônica do Edifício.....10

4.1.1 Maquete Eletrônica 12

4.1.2 Indicador de Desempenho Energético de Edificação Pública 13

4.2 Análise Técnica do Edifício 14

5. Administração de gasto energético na universidade de São Paulo 18

5.1 Estimativa de consumo do prédio Bloco D 20

5.2 Recomendações de boas práticas do Selo Casa Azul 21

6. Estratégias de Atuação 22

6.1 Estratégias Práticas – intervenção e Reforma 22

6.2 Estratégias Socioeducativas 27

7.Conclusão 28

8. Bibliografia 29

9. Anexos.....30

1. Introdução

A reflexão acerca do consumo de recursos naturais em decorrência da ação humana, tal como seu planejamento a curto, médio e longo prazo, afim de promover um desenvolvimento sustentável da arquitetura em todas as suas dimensões tem sido aspecto fundamental da discussão da produção de arquitetura e urbanismo contemporâneos. O projetar de edificações a partir de uma perspectiva de conforto ambiental e eficiência energética pode ocupar papel fundamental na cadeia de sustentabilidade a partir de três determinantes: físico-químicos, biológicos e sociais. Todos estes, apesar de distintos, relacionam-se com o conforto térmico e eficiência energética nas edificações e, portanto, com o papel social e profissional de arquitetura.
O profissional da arquitetura deve considerar, na concepção arquitetônica, parâmetros de conforto térmico e de eficiência energética (a partir de uma ótica sustentável, portanto) no uso dos recursos disponíveis: iluminação e ventilação adequadas ao clima, utilização de materiais recicláveis, etc. Desse modo, é possível poupar recursos ambientais e gerar ainda significativa economia financeira, como a energia elétrica e os recursos hídricos. Ao projetar um edifício que se adeque à insolação e ventilação naturais do local onde ele está implantado, é possível reduzir os custos que possivelmente seriam gastos na adequação ambiental desse espaço de maneira significativa. Uma sala bem ventilada, por exemplo, evita uma eventual instalação de um aparelho de ar-condicionado, trazendo significativa economia energética e financeira.
É possível, portanto, integrar a prática da arquitetura e urbanismo (do edifício ao planejamento urbano) à questão ambiental, verificando suas potencialidades e limitações. Observa-se que a sustentabilidade (o que inclui os tópicos aqui abordados) tem sido amplamente apoiada, incluindo a partir da criação de selos que, usando critérios específicos, objetivam o desempenho de um edifício a partir de uma perspectiva da sustentabilidade.
O Selo Casa Azul, por exemplo, foi criado pela Caixa Econômica Federal em 2010 e é um manual de Boas Práticas para Habitação Mais Sustentável, prevendo o reconhecimento de projetos que contribuam com a redução de impactos ambientais e também incentivando a realização de novos empreendimentos que considerem critérios que estão relacionados a temas tais como projeto e conforto, gestão da água, qualidade urbana, eficiência energética, conservação de recursos materiais e práticas sociais.

<u>Bloco D – Salas de Aula</u>

Para a análise desse estudo, escolhemos o edifício de salas de aulas do Bloco D da Escola de Engenharia de São Carlos. Reconhecemos a possibilidade e responsabilidade da universidade pública na proposição de prática das sustentáveis para toda a sociedade; o bloco D é um edifício bastante representativo da falta de atenção às práticas sustentáveis relacionadas a quesitos técnicos e arquitetônicos que atinge o campus de São Carlos da Universidade de São Paulo como um todo. Daí a relevância da escolha desse edifício como objeto de estudo.

Figura 1. Área Externa do Bloco D. Fonte: acervo pessoal, 2015.

2. Metodologia

Compreendendo o conforto e eficiência energética de um edifício como elemento essencial para a melhora da qualidade de vida e experiência do usuário sob uma perspectiva sustentável, o estudo analisa parâmetros de conforto ambiental do bloco D da Escola de Engenharia de São Carlos. A análise deverá ser livremente inspirada (considerando os recursos técnicos disponíveis para este estudo) em questões de projeto conforto e eficiência energética contidas no Selo Casa Azul, da Caixa Econômica Federal e também no Certificado LEED, selo internacional de sustentabilidade e eficiência energética.

<u>Sobre a Proposta de Melhoria da Eficiência Energética no campus da USP São Carlos</u>

Usaremos como referência a referida proposta, desenvolvida na disciplina SHS – 0382 – Sustentabilidade e Gestão Ambiental, que apresenta como objetivo primordial a "avaliação integrada de sustentabilidade do Campus São Carlos da Universidade de São Paulo". O documento apresenta resultados e análises relacionados à "eficiência e economia energética no campus da USP de São Carlos sob a premissa do desenvolvimento sustentável."

<u>Sobre o Selo Casa Azul</u>

"Ao se criar o Selo Casa Azul CAIXA, pretende-se incentivar o uso racional de recursos naturais na construção de empreendimentos habitacionais, reduzir o custo de manutenção dos edifícios e as despesas mensais de seus usuários, bem como promover a conscientização de empreendedores e moradores sobre as vantagens das construções sustentáveis. A iniciativa se soma a outras importantes medidas da CAIXA, indutoras da

produção habitacional com sustentabilidade ambiental, tais como: o uso de madeira com origem legal na construção; o incentivo financeiro para sistemas de aquecimento solar de água; e a necessária medição individualizada de água e gás nos prédios.” Fonte: < http://goo.gl/nfdFJb>.

Sobre o LEED

Segundo Stefanuto e Henkes (2010), o LEED é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações, utilizado em 143 países, e possui o intuito de incentivar a transformação dos projetos, obra e operação das edificações, sempre com foco na sustentabilidade de suas atuações. Ele foi projetado para ofertar conceitos de construção ambientalmente responsável aos profissionais e às indústrias de construção norte-americana, tendo como suas bases o incentivo ao segmento da indústria da construção em desenvolver produtos e serviços de maior qualidade ambiental. Apesar de sua maior abrangência nos EUA, o Certificado LEED possui amplo reconhecimento internacional.

Sobre o clima de São Carlos:

O clima da região de São Carlos é o Tropical de Altitude, com verões chuvosos e invernos secos. O mês mais frio do ano é julho e o mais quente, por sua vez, é fevereiro, com temperaturas médias oscilando entre 17,7°C e 27,2°C. De acordo com a ABNT 15220 a cidade de São Carlos encontra-se localizada na zona bioclimática 4, para a qual são assinaladas algumas estratégicas gerais a fim de condicionar conforto térmico nas edificações. Para essa localização são indicadas aberturas médias sombreadas (área de abertura entre 15 e 25% em relação à área de piso), vedações externas com alta inércia térmica (materiais com baixa transmitância térmica), cobertura leve e isolada, ventilação seletiva nos períodos mais quentes, bem como aquecimento solar passivo nos períodos frios.

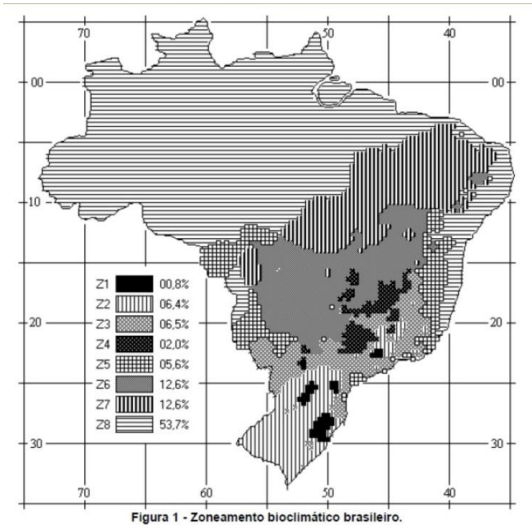


Figura 2. Fonte: Norma 15220, ABNT.

A metodologia de coleta de dados deve fazer surgir questões técnicas, de experiência dos usuários e relacionadas aos parâmetros que estão normalmente associados a questões de conforto térmico e eficiência energética. Abaixo, a tabela resume o programa de levantamento de dados proposto:

Instrumento de coleta de dados	Sobre/Público alvo	Finalidade da atividade
1. Observação Direta	Visita ao local, registros fotográficos e acompanhamentos	Analisar e constatar práticas sustentáveis e atitudes prejudiciais a essa prática.
2. Parâmetros de Conforto Ambiental e Eficiência Energética	Análise, por meio de instrumentos físicos e softwares e a partir de critérios previamente definidos, parâmetros relacionados ao conforto ambiental.	Obter informações objetivas acerca da qualidade e eficiência ambiental e energética do edifício.
3. Documentação	Levantamento de dados relacionados ao consumo de energia e uso cotidiano do edificio	Obter informações objetivas acerca da qualidade e eficiência ambiental e energética do edifício.

Em relação aos itens 2 e 3, especificam-se a análise dos seguintes critérios de avaliação:

a) Paisagismo
b) Relação com o entorno
c) Desempenho térmico – vedações
d) Desempenho térmico – orientação ao sol e ventos
e) Iluminação natural de áreas comuns, salas de aula e banheiros
f) Tipos de lâmpadas utilizadas
g) Dispositivos economizadores
h) Fontes alternativas de energia

3. Revisão bibliográfica e identificação de estudos de caso e boas práticas

Estudos de Caso

<u>Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia</u>

O estudo apresentado IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente (ENCAC) construído apresenta sua análise baseando-se na obtenção de indicadores de desempenho específicos da edificação, considerando usos, o clima e as condições locais. Os autores recorreram a padrões americanos e europeus para comparação, pois não havia indicadores energéticos normalizados no Brasil.
Através das medições de consumo e demanda desagregado de energia (kWh e KW), consumo e demanda por unidade de área (kWh/m2), consumo e demanda por pessoa (kWh/pessoa e KW/pessoa) e utilizando a metodologia de Avaliação Pós Ocupação (APO) o estudo avaliou o desempenho energético da edificação.

A metodologia de análise, a qual foi pautada pela APO, se caracterizou pelas seguintes atividades: caracterização da edificação, opinião do usuário, obtenção dos índices energéticos estimados da edificação e estimativa de uma escala de indicadores para os ambientes e recomendações de eficiência energética para edificação.

O artigo apresentado no ENCAC revela resultados parciais, os quais através da tabela abaixo (figura 1) mostraram grandes variações nos indicadores para salas de mesmo uso e condição climática, o que permite dizer que esses valores revelam um mau dimensionamento das salas quanto aos sistemas instalados e ao seu uso.

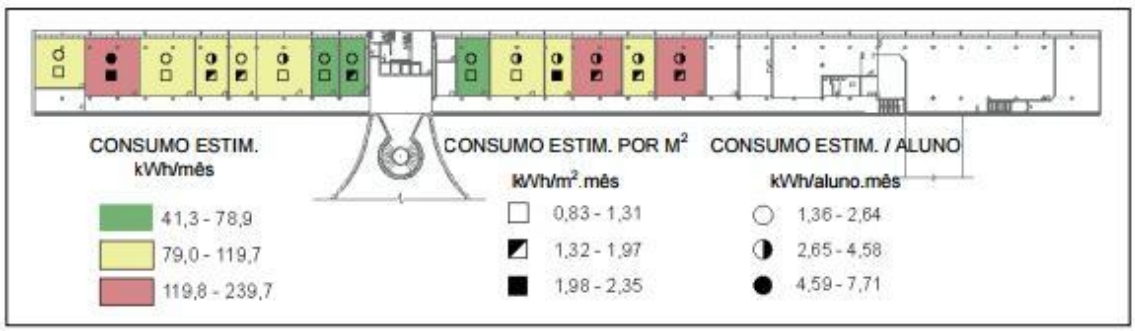


Figura 1 – Síntese dos Indicadores de Iluminação das salas de aula – Escola Politécnica – 7º Andar.

Prédio de ensino da IFMG – Campus Governador Valadares

Esse caso corresponde a uma simulação de etiquetagem de um edifício público baseados no manual RTQ-C (Regulamento Técnico de Qualidade), o qual contém requisitos e métodos para classificação de edifícios públicos e comerciais quanto à eficiência energética. A partir desses parâmetros foi possível determinar o nível de eficiência para o sistema de iluminação, envoltória e condicionamento de ar, com os quais foi possível estimar qual seria a ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) para cada uma deles.

Além das medições citadas acima, a avaliação da eficiência energética do prédio considera as ***bonificações,*** que são iniciativas que aumentam a eficiência da edificação, e de uma ***equação geral*** (vinda do manual RTQ-C), a qual define a classificação geral de uma edificação.

$$PT=0{,}30\left\{\left(EqNumEnv\frac{AC}{AU}\right)+\left(\frac{APT}{AU}.5+\frac{ANC}{AU}.EqNumV\right)\right\}_{....}+0{,}30.\{EqNumDPI\}+..$$
$$...+0{,}40\left\{\left(EqNumEnv\frac{AC}{AU}\right)+\left(\frac{APT}{AU}.5+\frac{ANC}{AU}.EqNumV\right)\right\}+b_0^1$$

equação geral, RTQ-C

Figura 3. Modelo ENCE geral.

O resultado da análise obteve na simulação a etiqueta ENCE geral D, ou seja, uma eficiência baixa dentro dos parâmetros adotados. O artigo revela que essa avaliação será apresentada à direção da instituição, junto a indicações de manutenções e adaptações

para o prédio, como aproveitamento de águas pluviais, proteção das unidades condensadoras, aproveitamento da luz natural, adaptação do telhado para obtenção de luz zenital, etc. Medidas importantes e algumas até simples que melhoram a eficiência energética do edifício sem comprometer sua utilização e o conforto dos usuários.

Um processo iniciado em 2001 visando o uso racional de energia elétrica foi responsável em estabelecer critérios e classificações de níveis energéticos a partir de etiquetagens e inspeções de construções e produtos nacionais a partir de um projeto de lei.
Em 2005 o Inmetro foi incluído no processo de obtenção de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

Além disso, foi criado o Procel Edifica: Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações que visa organizar a base necessária para racionalizar a utilização de energia no Brasil. Regulamentando, portanto, os parâmetros de referencia para a verificação de níveis de eficiência energética nas construções brasileiras.
O RTC-C (Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos) contém os quesitos referentes ao processo de determinação dos níveis de eficiência energética e o RAC-C apresenta o processo de verificação dos dados em relação aos níveis citados anteriormente.
A etiquetagem do edifício ainda é opção do proprietário e para edifícios de área superior a 500 m².
“O RTQ-C apresenta os critérios para a classificação completa do nível de eficiência energética do edifício através de classificação parciais da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar. Uma equação pondera estes sistemas através de pesos estabelecidos no regulamento e permite somar à pontuação final bonificações que podem ser adquiridas com inovações tecnológicas, uso de energias renováveis, cogeração ou com a racionalização no consumo de água.”

4. Análise técnica e arquitetônica do Edifício Bloco D

4.1 Análise Arquitetônica do Edifício

Figura 4. Edifício Bloco D. Acervo pessoal, 2015.

Do ponto de vista de projeto arquitetônico, o Bloco D apresenta problemas básicos e determinantes, relacionados a conforto térmico, custo energético e usabilidade, em seu desenho. Sabidamente, a Universidade de São Paulo raramente dá atenção básica aos projetos arquitetônicos de suas áreas, a tal ponto que muitos dos novos edifícios da Universidade são reutilizados, isto é, um mesmo projeto é utilizado em diferentes locais e para finalidades diferentes, contando com pouca ou nenhuma adaptação. Possivelmente, o bloco D é um desses casos.

A raiz da grande maioria dos problemas de iluminação e temperatura do bloco tem origem na implantação do edifício, que apesar do espaço pouco restrito (seu entorno consiste em um grande estacionamento), é a pior possível. Sendo o bloco simétrico, a implantação mais eficiente e lógica seria a colocação das aberturas do edifício a leste e a oeste, favorecendo uma insolação mais homogênea. A implantação atual, que coloca as aberturas a Norte e Sul, insola excessivamente uma das fachadas e praticamente não atinge a outra, o que resulta em uma fachada que é excessivamente iluminada e quente (de tal modo que foi necessário a instalação de brises improvisados nas aberturas) e a outra pouco iluminada. Além disso, a vegetação do entorno agrava a situação: inexistente na fachada norte, onde atuaria de maneira positiva na questão de luminosidade e temperatura e colada e volumosa à fachada sul, impactando negativamente nas questões analisadas.

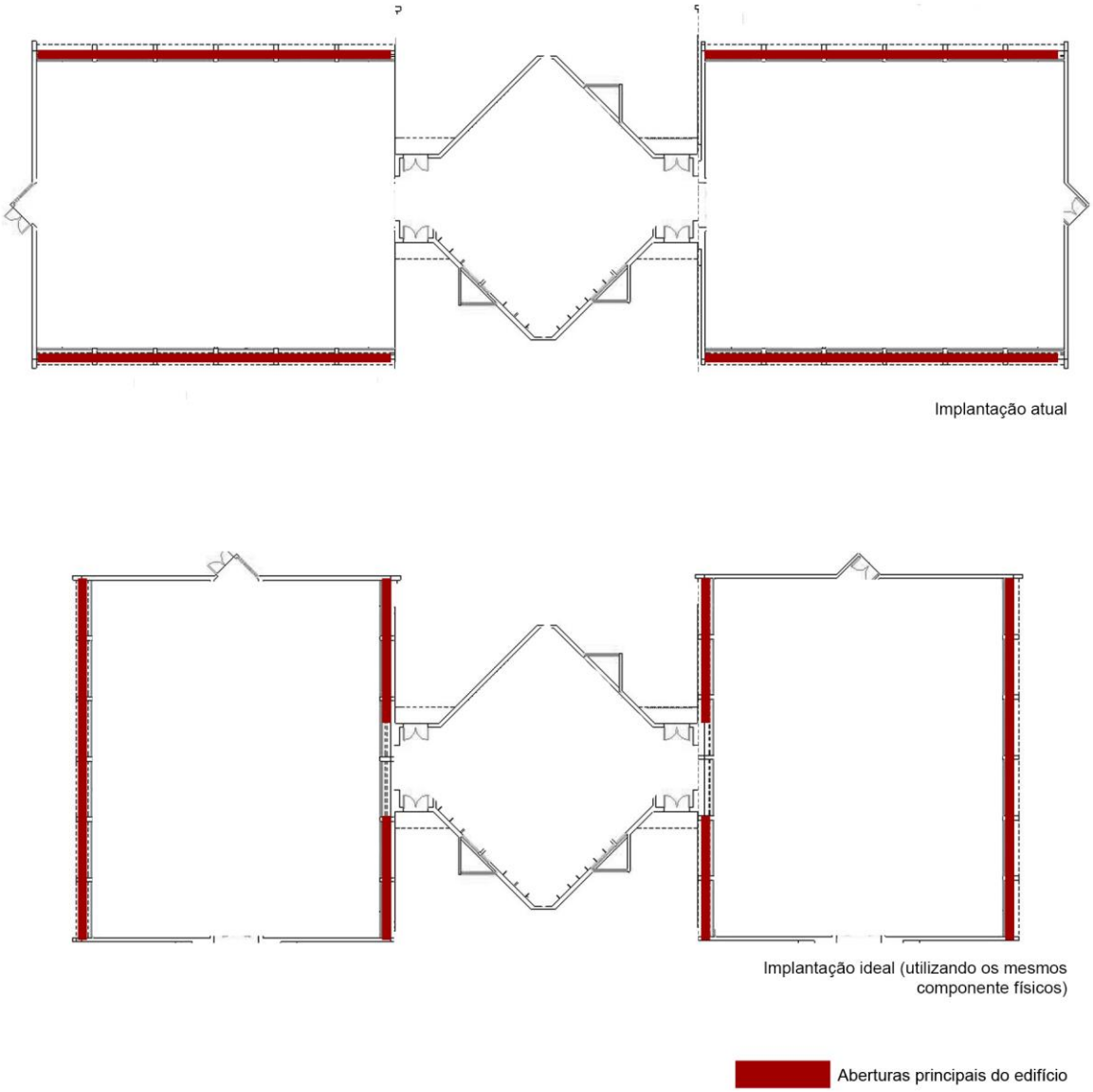


Figura . Exercício de Reelaboração da Implantação do Edifício Bloco D a partir dos mesmos elementos materiais. Fonte: Acervo Pessoal, 2015.

Nos itens seguintes, propomos uma série de dispositivos atenuadores no que tange às questões abordadas no estudo, mas é importante ressaltar a relação direta entre os problemas administrativos (falta de planejamento, descuido com o espaço físico, etc.) e as deficiências arquitetônicas, de custo energético e conforto ambiental em cada edifício isolado.

4.1.1 Maquete Eletrônica

Para fins de estudos de insolação e instrumento de projeto, modelamos o edifício do Bloco D a partir das plantas disponibilizadas pelo setor de Obras da universidade.

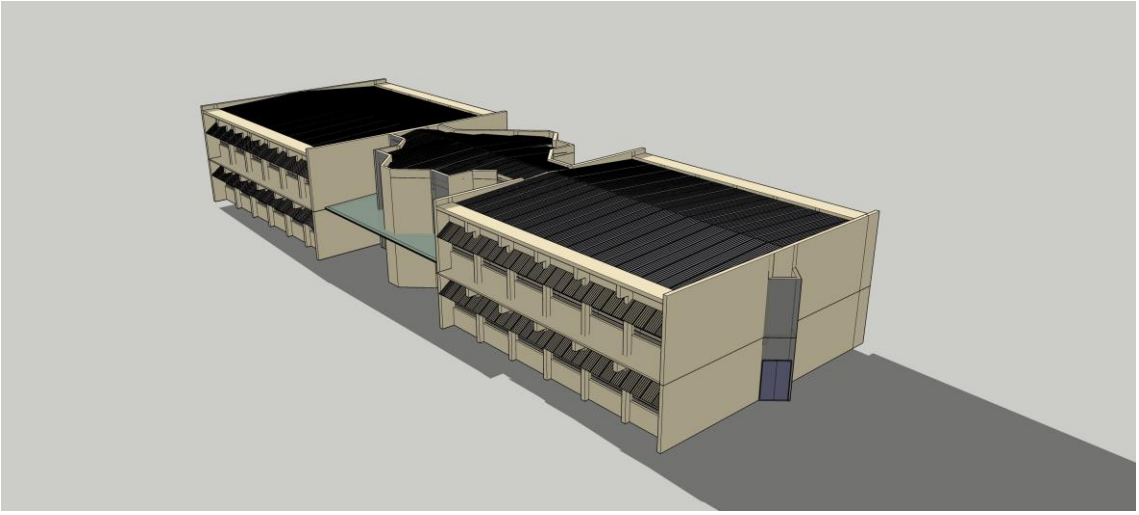


Figura 5. Fachada Norte, Manhã de Fevereiro. Acervo Pessoal, 2015.

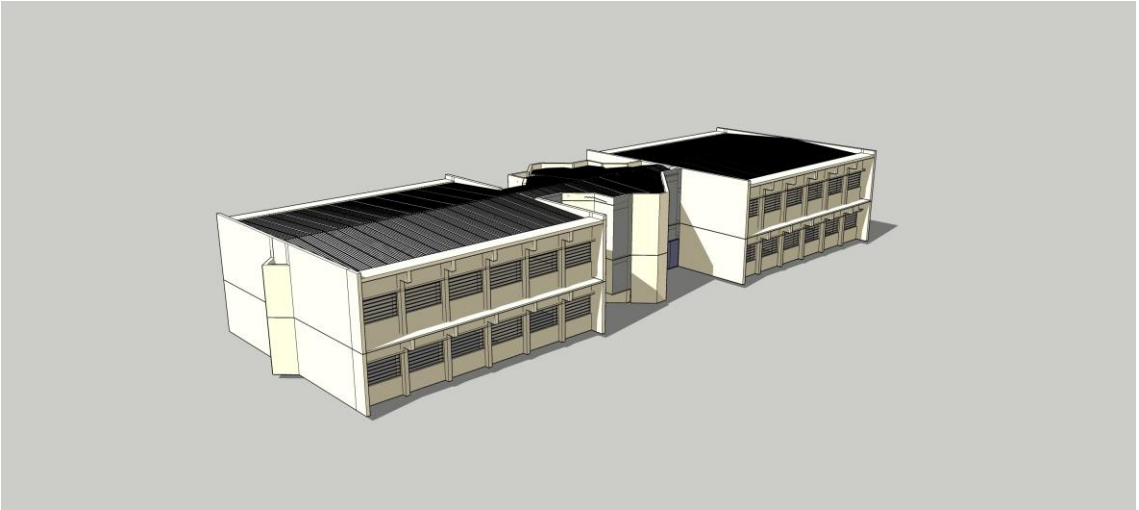


Figura 6. Fachada Sul, Manhã de Fevereiro. Acervo Pessoal, 2015.

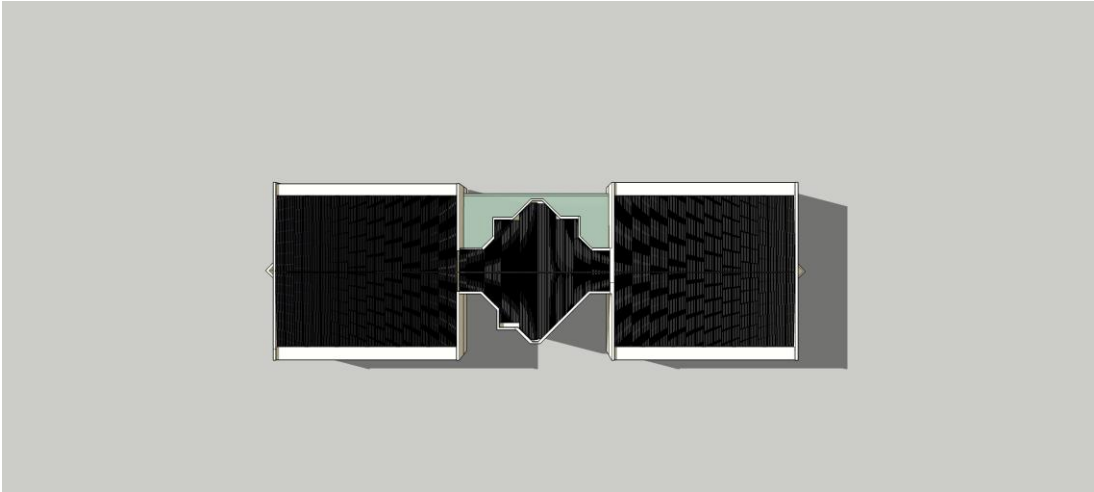


Figura 7. Topo, Tarde de Fevereiro. Acervo Pessoal, 2015.

4.1.2 Indicador de Desempenho Energético de Edificação Pública

A partir de um exercício proposto pela disciplina, desenvolvemos um Indicador de Desempenho Energético de Edificação Pública, que converte fatos em números a partir de uma adaptação paramétrica. Neste caso, os parâmetros estão focados em avaliar dentro das particularidades do funcionamento de um prédio público, o consumo energético da edificação, considerando possíveis desperdícios, custos e a qualidade (conforto) do ambiente para os usuários.
. O indicador não mede a eficiência energética de cada elemento consumidor na edificação, o que não permite uma análise mais detalhada que permita reconhecer outros pontos passíveis de melhora do gasto energético, no entanto transformam-se em indicativos qualitativos quando comparados a outros resultados. O item 9.Anexos deste estudo contém a produção completa do indicador.

Abaixo, seguem os cálculos correspondentes a um edifício ideal (parâmetros máximos) e o edifício Bloco D.

I = E + L + A + Q x (Cnorte/Cbd + Anorte/Abd)

Definição das variáveis que compõem o indicador

I = indicador
E = envoltória - planos que separam o meio externo do interno - classificada de 1 (ruim) a 5 (ótimo)
L = iluminação - qualidade da luz natural e artificial em relação à quantidade de luz necessária
em cada ambiente - classificada de 1 a 5
A = ar-condicionado - uso adequado, necessidade e quantidade de aparelhos - classificação de 1 a 5
Q = equipamentos eletrônicos - uso adequado e quantidade de computadores, projetores, etc. - classificação de 1 a 5
Ccamp = consumo energético da área norte
Cbd = consumo energético do Bloco D
Anorte = área total da área norte
Abd = área do Bloco D

Desse modo, o edifício ideal possui o valor:

Iideal = (5 + 5 + 5 + 5) x ([361.380/18.200] + 0,15) = **402**

Ao passo que o edifício bloco D possui o valor:

IblocoD = (2 + 1 + 4 + 5) x ([361.380/18.200] + 0,15) = **240**

4.2 Análise Técnica do Edifício Bloco D

Figura 8. Detalhes arquitetônicos do Bloco D. Acervo Pessoal, 2015.

As informações abaixo correspondem ao levantamento realizado no dia 19/06/2015 entre as 14 e 16 horas. Foram realizadas medições de temperatura e luminosidade de quatro salas de aula do Bloco D. A temperatura era relativamente alta, considerada “média” para os padrões são-carlenses.

A finalidade das medições é, sobretudo, obter uma indicação numérica de deficiências de projeto que possivelmente prejudiquem a eficiência energética do edifício e não estimulem um posicionamento ativo de seus usuários em relação a essa questão.

Sala 1 (Andar Térreo, sala com aberturas voltadas ao Sul):
Estrutura: 55 lugares para alunos e 01 para professor.
Aparelhos elétricos:
-17 luminárias com duas lâmpadas fluorescentes de 32 w cada (total: 32 lâmpadas)
-04 ventiladores

-01 projetor

-01 computador de mesa

-02 ar-condicionados

– 32 kWh/mês (1 hora por dia)

Levantamento temperatura:

Parâmetros	**Resultados**
Temp. ambiente	22°C
Umidade ar Temp. superficial interna parede norte Temp. superficial interna parede sul (envoltório)	51% 21°C 19°C
Temp. superficial interna parede fundo	21°C
Temp. superficial forro	20,8°C

Levantamento iluminação:

- o dia de medições estava com o tempo bom, e com o céu aberto.

Nível de luminosidade (dados em lux –lx) **O desejável para salas de aula é 300 lux**		
Locais das medições (6 medições) L1A (frente)	Apenas com a iluminação natural 440	Iluminação natural + iluminação artificial 849
L2A (frente)	252	715
L3A (frente)	178	503
L1B (fundo) L2B (fundo) L3b (fundo)	145 153 146	651 666 438

Sala 2 (Andar Térreo, sala com aberturas voltadas ao Norte)

Estrutura: 53 lugares para alunos e 01 para professor.

Aparelhos elétricos:

-17 luminárias com duas lâmpadas fluorescentes de 32 w cada (total: 32 lâmpadas)

-04 ventiladores

-01 projetor

-01 computador de mesa

-02 ar condicionados – 32 kWh/mês (1 hora por dia)

-4 caixas de som pequenas

Levantamento temperatura:

Parâmetros	**Resultados**
Temp. ambiente	22°C
Umidade ar Temp. superficial interna parede norte (envoltório) Temp. superficial interna parede sul	51% 23,2°C 22°C
Temp. superficial interna parede fundo Temp. superficial forro	21,8°C 22,6°C

Levantamento iluminação:

- o dia de medições estava com o tempo bom, e com o céu aberto.

Nível de luminosidade (dados em lux –lx) **O desejável para salas de aula é 300 lx**		
Locais das medições (6 medições) L1A (frente)	Apenas com a iluminação natural 175	Iluminação natural + iluminação artificial 751
L2A (frente)	110	720

L3A (frente) L1B (fundo)	98 182	709 684
L2B (fundo)	85	638
L3b (fundo)	64	606

OBS: esta sala possui barreiras externas de insolação (brises)

Sala 3 (Andar Superior, sala com aberturas voltadas ao Sul)
Estrutura: 55 lugares para alunos e 01 para professor.
Aparelhos elétricos:
-17 luminárias com duas lâmpadas fluorescentes de 32 w cada (total: 32 lâmpadas)
-04 ventiladores
-01 projetor
-01 computador de mesa
-02 ar condicionados – 32 kWh/mês (1 hora por dia)
Levantamento temperatura:

Parâmetros	**Resultados**
Temp. ambiente Umidade ar	21°C 55%
Temp. superficial interna parede norte	22°C
Temp. superficial interna parede sul (envoltório) Temp. superficial interna parede fundo	21,4°C 22°C
Temp. superficial forro	21,8°C

Levantamento iluminação:
- o dia de medições estava com o tempo bom, e com o céu aberto.

Nível de luminosidade (dados em lux –lx) **O desejável para salas de aula é 300 lx**		
Locais das medições (6 medições)	Apenas com a iluminação natural	Iluminação natural + iluminação artificial
L1A (frente) L2A (frente) L3A (frente)	114 242 226	460 869 768
L1B (fundo)	436	871
L2B (fundo)	179	702
L3b (fundo)	175	669

Sala 4 (Andar Superior, sala com aberturas voltadas ao Norte)
Estrutura: 55 lugares para alunos e 01 para professor.
Aparelhos elétricos:
-17 luminárias com duas lâmpadas fluorescentes de 32 w cada (total: 32 lâmpadas)
-04 ventiladores
-01 projetor
-01 computador de mesa
-02 ar condicionados – 32 kWh/mês (1 hora por dia)

Levantamento temperatura:

Parâmetros	**Resultados**
Temp. ambiente	22°C

Umidade ar Temp. superficial interna parede norte (envoltório)	55% 23,4°C
Temp. superficial interna parede sul	21,8°C
Temp. superficial interna parede fundo Temp. superficial forro	22°C 22,6°C

Levantamento iluminação:
- o dia de medições estava com o tempo bom, e com o céu aberto.

Nível de luminosidade (dados em lux –lx) **O desejável para salas de aula é 300 lx**		
Locais das medições (6 medições)	Apenas com a iluminação natural	Iluminação natural + iluminação artificial
L1A (frente)	342	909
L2A (frente)	179	756
L3A (frente) L1B (fundo) L2B (fundo)	109 313 118	675 733 724
L3b (fundo)	95	604

As aberturas ocupam uma porcentagem de 54,6% da área total das paredes em que estão presentes, para todas as salas.

A impossibilidade de uma medição técnica absolutamente precisa nos condiciona a uma análise superficial do edifício. Desse modo, buscamos e lançamos mão de um estudo técnico, realizado no ano de 2003, pelo Pró-Salas, extinto órgão de reformas arquitetônicas da Universidade, que pôde realizar as medições de maneira mais aprofundada e normativa. O estudo corresponde a uma análise técnica das condições luminotécnicas de algumas salas do bloco de aulas (Disponível no anexo I – manual de medição e cálculos das condições luminotécnicas – Pró-Salas) em que são apontadas incoerências em relação às normas técnicas de iluminação.

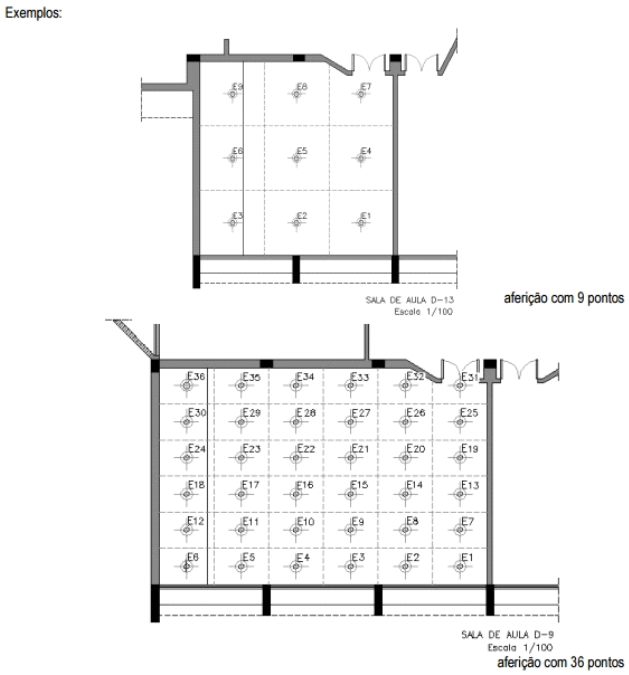


Figura 9. Medição Técnica de Sala de Aula. Pró-Salas, 2003.

Exemplo:

PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE SALAS DE AULAS ■ PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

LEVANTAMENTO DE ILUMINAÇÃO NATURAL

Bloco D

PROJETO: Sala D-8

DATA: 27/01/2003

ILUMINAÇÃO NATURAL

Ponto	Luminancia	Fator Luz Dia
P1	33,5	0,3%
P2	48,1	0,4%
P3	52,2	0,5%
P4	61,1	0,6%
P5	35,5	0,3%
P6	605	5,5%
P7	288	2,6%
P8	132	1,2%
P9	87,4	0,8%
P10	67,6	0,6%
P11	39,9	0,3%
P12	53,6	0,5%
P13	57,2	0,5%
P14	67,4	0,6%
P15	113	1,0%
P16	113,7	1,0%
P17	114,2	1,0%
P18	34,4	0,3%
P19	67	0,6%
P20	104,1	0,9%
P21	112,3	1,0%
P22	88,4	0,8%
P23	90,1	0,8%
P24	81,4	0,7%
P25	162,5	1,5%
P26	167,8	1,5%
P27	183,5	1,7%
P28	208	1,9%
P29	219	2,0%
P30	208	1,9%
P31	515	4,7%
P32	104,3	0,9%
P33	108	1,0%
P34	39	0,3%
P35	75,3	0,7%
P36	91,6	0,8%
Média=	135,23	1,05%
E1=	11000	

Fator de Luz do Dia médio

Dimensões do ambiente:

14,20	Comprimento
8,30	Largura
1,73	Distância entre o plano de trabalho e o topo da janela
9,03	Fator k

Fator K	n.º Pontos
K<1	9
K=1	16
1<K<2	16
K=2	25
2<K<3	25
K=3	36
K>3	36

Considera-se o fator de luz do dia adequada para Salas de Aula maior que 2%.
Portanto, conclui-se que a sala D-8 possui fator de Luz do dia inadequada

Considera-se iluminância média adequada para Salas de Aula 300lux.
Portanto, conclui-se que a sala D-8 possui iluminância inadequada

Figura 10. Tabela de medição de luminância. Pró-Salas, 2003.

Levando-se em consideração essas duas análises percebemos que a iluminação presente nas salas de aulas não está totalmente adequada, segundo a norma NBR. Ou estão insuficientes ou apresentam muita irregularidade dentro dos ambientes. Isso interfere negativamente em relação às atividades exercidas em tais ambientes pelos usuários.

Em relação às questões térmicas, não serão levadas em conta as aferições realizadas nesta etapa devido à inexistência de uma regularidade de medições que trouxessem dados consistentes. Porém, serão consideradas as condições de implantação e entornos imediatos para tais fins.

5. Administração de gasto energético na universidade de São Paulo

Ao longo do estudo, o grupo buscou informações acerca da administração de gasto energético dentro do Campus da universidade. Em contato com a Divisão de Manutenção e Operação, fomos informados de que as contas de energia do campus eram gerenciadas por aquele órgão até o ano de 2014, passando então a ser gerenciada pelo PURE - Superintendência de Gestão Ambiental, que administra as contas de todos os campi da Universidade. Soubemos que o gasto energético do campus I de São Carlos é dividido entre as áreas Norte, Sul, Física I, Fisica II e Portaria.

Foi possível ter acesso a duas contas de energia do setor Norte, correspondentes aos meses de Fevereiro e Março de 2015, no valor de R$127.508,89 (361.380 kWh) e R$135.765,36 (352.920 kWh), respectivamente. Claramente, não existe controle algum de gasto energético relativo a cada prédio específico, apenas a um conjunto enorme de edifícios. O setor Norte, ao que tivemos acesso, por exemplo, corresponde a um conjunto de 26 edifícios. Desse modo, para os fins do estudo proposto, o consumo energético do edifício Bloco D deverá ser apenas estimado a partir da média ponderada entre a média de consumo por edifício do Setor Norte e a estimativa produzida com base no levantamento dos equipamentos do edifício e seu tempo de uso.

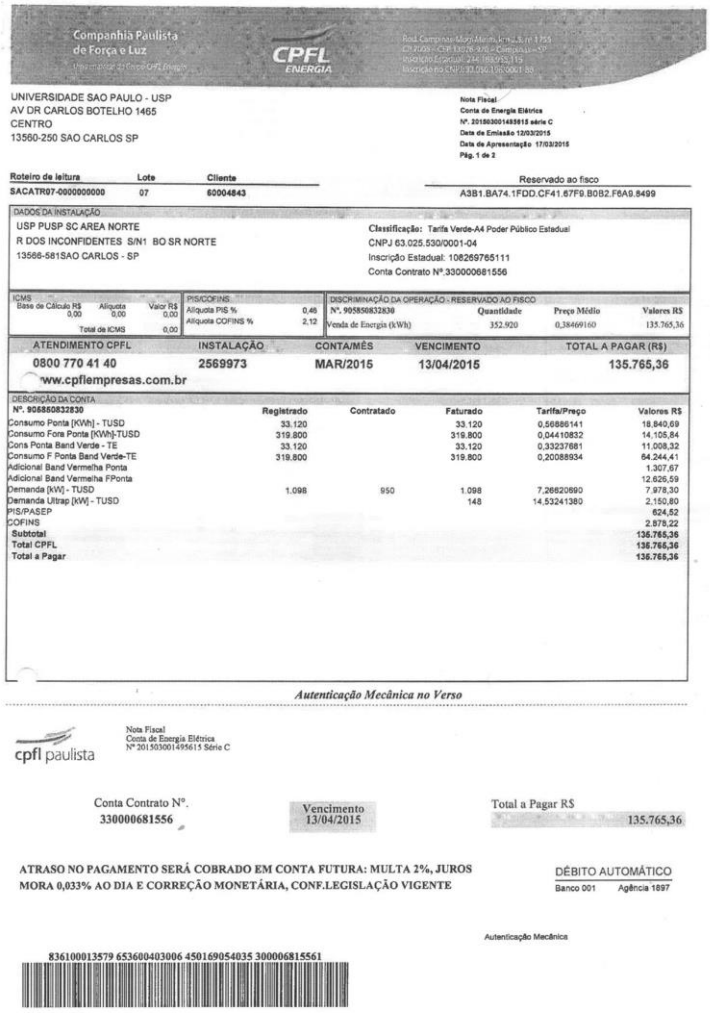
Sobre o PURE

O Programa Permanente para o Uso Eficiente de Energia na USP existe desde 1997 e é atualmente responsável pela administração das contas de energia da Universidade de São Paulo.

Não foi possível entrar em contato com o PURE por telefone. O setor de Obras e Reformas do Campus de São Carlos, que previamente administrava as contas de energia do campus, não soube informar de que modo a atuação do PURE se dá no campus e na USP como um todo. Em seu site, o PURE é descrito como um órgão dedicado ao gerenciamento e economia de energia.

"[O PURE] (...) implanta ações de economia de energia e conscientiza a comunidade universitária sobre a importância da eficiência energética e a necessidade de ser consciente sobre o uso sustentável dos recursos naturais. Em 2001, o racionamento de energia elétrica impôs à maioria dos consumidores metas de economia de energia. Pela complexidade da Universidade, que possui vários campi, unidades e órgãos em diversas cidades, inclusive com características administrativas diferenciadas, foi criado um programa específico através da portaria GR 3283 de 15 de maio de 2001, para dar respostas com ações pontuais e específicas no sentido de atingir as metas de economia de energia. Assim surgiu o Programa de Economia de Energia na USP, como mais uma iniciativa do ***pureusp****, e aderente às suas preocupações e princípios."*

5.1 Estimativa de consumo do prédio Bloco D:



Companhia Paulista de Força e Luz

CPFL ENERGIA

UNIVERSIDADE SAO PAULO - USP
AV DR CARLOS BOTELHO 1465
CENTRO
13560-250 SAO CARLOS SP

Nota Fiscal
Conta de Energia Elétrica
Nº. 201503001495615 série C
Data de Emissão 13/03/2015
Data de Apresentação 17/03/2015
Pág. 1 de 2

Roteiro de leitura	Lote	Cliente
SACATR07-0000000000	07	60004843

Reservado ao fisco
A3B1.BA74.1FDD.CF41.67F9.B0B2.F6A9.8499

DADOS DA INSTALAÇÃO
USP PUSP SC AREA NORTE
R DOS INCONFIDENTES S/N1 BO SR NORTE
13566-581SAO CARLOS - SP

Classificação: Tarifa Verde-A4 Poder Público Estadual
CNPJ 63.025.530/0001-04
Inscrição Estadual: 108269765111
Conta Contrato Nº.330000681556

ICMS Base de Cálculo R$	Alíquota	Valor R$
0,00	0,00	0,00
Total de ICMS		0,00

PIS/COFINS	
Alíquota PIS %	0,46
Alíquota COFINS %	2,12

DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO Nº. 905850832830	Quantidade	Preço Médio	Valores R$
Venda de Energia (kWh)	352.920	0,38469160	135.765,36

ATENDIMENTO CPFL	INSTALAÇÃO	CONTA/MÊS	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR (R$)
0800 770 41 40 www.cpflempresas.com.br	2569973	MAR/2015	13/04/2015	135.765,36

DESCRIÇÃO DA CONTA

Nº. 905850832830	Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa/Preço	Valores R$
Consumo Ponta [KWh] - TUSD	33.120		33.120	0,56886141	18.840,69
Consumo Fora Ponta [KWh]-TUSD	319.800		319.800	0,04410832	14.105,84
Cons Ponta Band Verde - TE	33.120		33.120	0,33237681	11.008,32
Consumo F Ponta Band Verde-TE	319.800		319.800	0,20088934	64.244,41
Adicional Band Vermelha Ponta					1.307,67
Adicional Band Vermelha FPonta					12.626,59
Demanda [kW] - TUSD	1.098	950	1.098	7,26820690	7.978,30
Demanda Ultrap [kW] - TUSD			148	14,53241380	2.150,80
PIS/PASEP					624,52
COFINS					2.878,22
Subtotal					135.765,36
Total CPFL					135.765,36
Total a Pagar					135.765,36

Autenticação Mecânica no Verso

cpfl paulista

Nota Fiscal
Conta de Energia Elétrica
Nº 201503001495615 Série C

Conta Contrato Nº. 330000681556

Vencimento 13/04/2015

Total a Pagar R$ 135.765,36

ATRASO NO PAGAMENTO SERÁ COBRADO EM CONTA FUTURA: MULTA 2%, JUROS MORA 0,033% AO DIA E CORREÇÃO MONETÁRIA, CONF.LEGISLAÇÃO VIGENTE

DÉBITO AUTOMÁTICO
Banco 001 Agência 1897

Autenticação Mecânica

836100013579 653600403006 450169054035 300006815561

Figura 11. Conta de energia do Setor Norte do Campus I da USP de São Carlos. Fornecido pelo departamento de Obras e Reformas do Campus I, 2015.

Conforme explanado no item anterior, a estimativa de consumo energético no edifício foi feita da seguinte maneira:

Média ponderada entre M1: Consumo médio mensal do Setor Norte do Campus I dividido pelo número de edifícios daquele setor e M2. Consumo estimado do edifício Bloco D a partir do levantamento e estimativa de tempo de uso de cada aparelho relacionado. Desse modo, a Média Mf é dada por (M1+M2)/2. Desse modo, temos:

Consumo médio mensal do Setor Norte: 360.000kWh
Quantidade de edifícios no Setor Norte: 26
Média ponderada de consumo mensal por edifício do Setor Norte: **M1 = 13.850 kWh**

Estimativa de consumo do Bloco D(realizado a partir de tabelas de consumo de energia de aparelhos):
Número de salas: 16
Sala: 34 lâmpadas 32 w - 20 dias/mês - 8h por dia - 3,5*16*34 = 1344kWh/mês
4 ventiladores - 28/2 kWh/mês = 14kWh
1 projetor - 4kWh/mês
1 computador de mesa - 16 kWh/mês
2 ar-condicionado - 32 kWh/mês
Total: (16 x 1400kWh)*0,1 [corredores e banheiros]: **M2 = 22560 kWh/mês**

Pela falta de acesso à informação do consumo mensal do edifício do Bloco D isoladamente, opta-se por fazer uma média ponderada entre a parcela proporcional de consumo no setor Norte (disponível pelas contas disponibilizadas pela universidade) e a estimativa realizada por nós a partir da contagem de aparelhos e estimativa de consumo/tempo de uso de cada aparelho.
Desse modo, temos: (M1+M2)/2 : (13.850kWh + 22.560kWh)/2:
Mf = 18.205kWh/mês

Ressalta-se a fragilidade dos números apresentados, o que é indicativo da falta de controle da universidade acerca de seus próprios custos básicos. Medidas absolutamente simples e provavelmente baratas (considerando o custo-benefício) como a instalação de medidores individuais em cada edifício facilitaria a tomada de decisões, avaliação de resultados e estabelecimento de metas de maneira muito mais simples e confiável.

5.2 Recomendações de boas práticas do Selo Casa Azul

Dentre as Estratégias Bioclimáticas recomendadas pelo Selo Casa Azuis em relação ao projeto arquitetônico, destaca-se: Iluminação Natural, Adequação e Flexibilidade do Projeto, Relação com o Entorno Imediato, Adequação à Topografia do Terreno, Paisagismo Eficiente, Espaços de Convivência, Transporte Alternativo e Coleta Seletiva. Considerando a situação preexistente do Bloco D (objeto desse estudo) e também a inserção do edifício em um entorno peculiar como o do Campus Universitário, destacamos para fins de análise e proposta de intervenção no projeto:

Iluminação Natural, em que “devem ser consideradas (...) as influências das edificações vizinhas em relação ao sombreamento que possa reduzir a incidência de luz natural, assim como impedir a incidência direta de luz solar nas áreas que necessitam de maior insolação, como dormitórios e salas.”.
Relação com o Entorno Imediato, em que a “existência de medidas que propiciem à vizinhança condições adequadas de insolação, luminosidade, ventilação e vistas panorâmicas.”.
Paisagismo Eficiente, que pode ser “um meio para reduzir o efeito de ilha de calor dentro das zonas urbanizadas, produzido, em grande parte, pelas áreas abertas com pavimentação impermeável. Igualmente pode ser uma estratégia efetiva para sombreamento tanto na edificação de forma integrada ou externa ao edifício quanto para locais descobertos, como estacionamentos, caminhos, praças, ou para áreas de convívio e lazer públicas ou privadas, oferecidas pelo empreendimento.”.

Espaços de Convivência, que devem levar ”em consideração a sustentabilidade buscam promover maiores espaços de convivência entre os moradores, o que pode ser feito por meio da construção de equipamentos de lazer, sociais e esportivos. Estes devem levar em conta o porte do empreendimento, e a sua localização em relação aos usuários é muito importante para que tenham um uso efetivo por parte dos moradores.”.

Os tópicos elencados nortearão o posicionamento da proposta de intervenção no edifício, obviamente tendo em mente a otimização da eficiência energética do Bloco D e também a dimensão social que este tipo de intervenção deve abranger.

6. Estratégias de Atuação

Levando em conta todos os dados técnicos até aqui levantados e amparados pelos selos Casa Azul, LEED e também os exemplos de boas práticas encontrados e ainda os conhecimentos adquiridos ao longo da disciplina e do curso de graduação, propomos as seguintes estratégias práticas em prol de uma redução de consumo energético no Bloco D e estímulo de uma perspectiva sustentável para aquele edifício e a Universidade de maneira geral.

6.1 Estratégias Práticas – intervenção e Reforma

Medidas administrativas

Consideramos urgente e grave a questão do registro de consumo energético no Campus. Conforme explicitado nos itens anteriores, as medições são feitas por setores, não havendo qualquer controle individual dos edifícios do campus. Portanto, consideramos imprescindível a instalação de medidores individuais para facilitar o controle, estabelecimento e cumprimento de metas relacionadas ao gasto energético. Associada às medidas socioeducativas propostas no item seguinte, essa medida pode contribuir para uma conscientização geral da comunidade universitária, além, é claro, da facilitação na identificação de problemas na redução de gasto energético do campus.

Instalação de placas fotovoltaicas

Usando o estudo “Proposta de Melhoria da Eficiência Energética no campus da USP São Carlos”, de 2014, sugerimos a instalação de placas fotovoltaicas para a geração de energia solar para o campus. Segundo o estudo citado, o Bloco D está entre os lugares mais propícios do campus para a instalação desse sistema. Sabe-se que a geração de energia solar é uma forte tendência de sustentabilidade e contribuiria para a economia de energia no edifício diretamente. Segundo o estudo citado, a instalação desse equipamento poderia produzir até 2000mWh ao ano, o que, segundo os dados que obtemos, estaria próximo de 10% do consumo anual do campus de São Carlos.

Reformas Prediais

a. Aberturas Zenitais e adaptações
b. Troca de Brise-soleil
c. Área de Convivência Externa

a. Aberturas Zenitais e adaptações

Em busca de uma solução rápida, eficiente, barata e de baixo custo e manutenção para o problema da iluminação das salas de aula - que atualmente depende muito das lâmpadas elétricas – o Sistema de Iluminação Tubular surgiu como uma solução bastante adequada.
O sistema resolve de maneira interessante questões problemáticas nas tradicionais claraboias e afins tais como "distância, resistência, desempenho médio, homogeneidade luminosa, vida útil, impermeabilização e segurança". Com três modelos disponíveis no mercado brasileiro (25,35 e 53 cm de diâmetro), a instalação dos sistemas nos corredores poderia dispensar o uso de energia elétrica ao longo do dia. Levando em conta a permanente necessidade de iluminação também nas salas de aula, com exceção dos momentos em que o projeto multimídia é utilizado, propõe-se a instalação de alguns sistemas tubulares nas áreas de trás das salas de aula. Propõem-se também pequenas aberturas horizontais nas paredes internas às salas de aula. As áreas internas das salas são as menos favorecidas em questão de luminância. As aberturas, apesar de pequenas e recebendo luz indireta, podem favorecer essas áreas, especificamente.

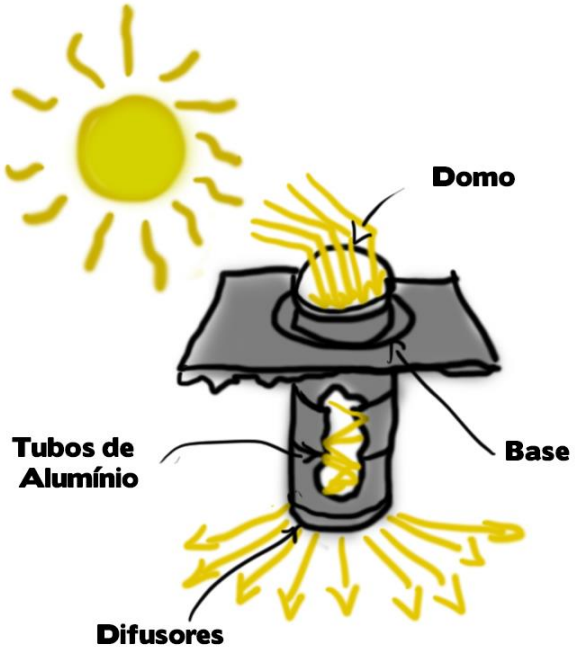


Figura 12. Sistema de Iluminação Tubular. Acervo Pessoal, 2015.

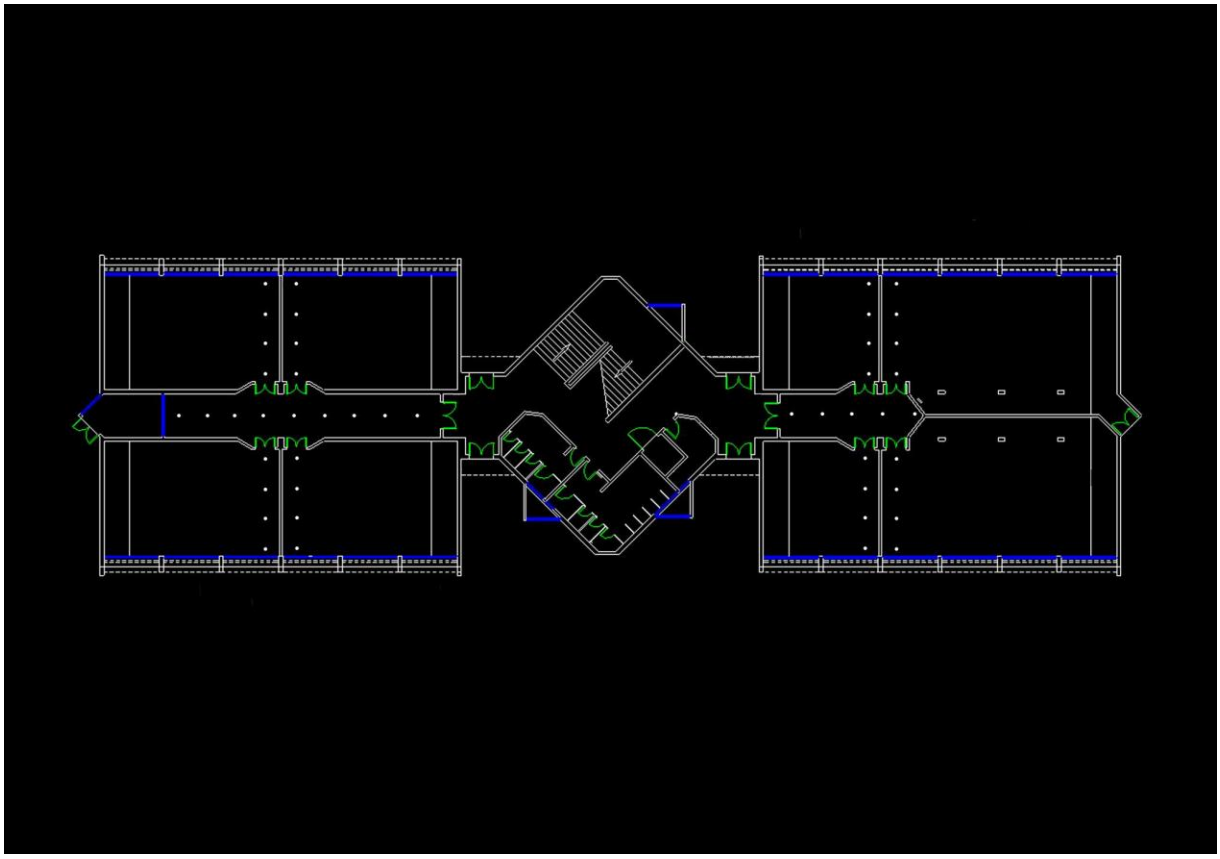


Figura 13. Distribuição do Sistema de Iluminação Tubular (pontos brancos correspondem à intervenção). Acervo pessoal, 2015

b. Troca de Brise-Soleil

Figura 14. Brise improvisado do Bloco D. Acervo pessoal, 2015.

A Fachada Norte do Bloco D, por ter sido mal direcionada, sofre com iluminação e temperatura excessivos. Como solução, instalaram-se pequenas telhas como um brise-soleil improvisado. Consideramos essa intervenção ruim em termos estéticos e práticos e para tanto propomos a instalação de um novo modelo. Propõe-se a

instalação de um brise retrátil (Fonte: <http://www.refax.com.br/brise-metalico-retratil-as288.html>) e ajustável.

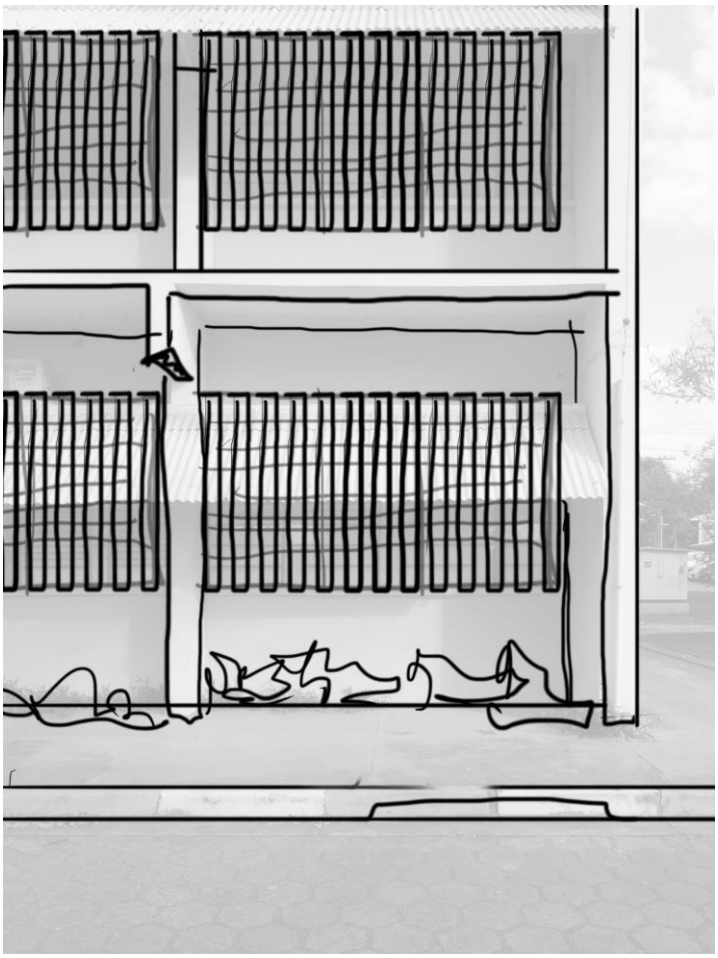


Figura 15. Proposta de troca de brise-soleil. Acervo pessoal, 2015.

c. Criação de Espaços de Convivência

Como Arquitetos e Urbanistas, entendemos que a baixa presença de espaços de convivência no Campus é sintomática e agravante do reduzido senso de coletividade da comunidade universitária. Compreendendo a questão sustentável como matéria que tange não apenas aspectos técnicos, mas também humanos, propomos a criação de novos espaços de integração coletiva a fim de expandir a integração humana e criação de vínculos com o espaço que a comunidade habita. A intervenção do estudo no Bloco D servirá como exemplo indicativo da criação desses espaços. Conforme indica o a Figuras 16 e 17, propomos a extensão da cobertura que abriga as entradas principais do Bloco D até o estacionamento, criando um espaço de convivência arborizado e com mobiliário fixo a serem utilizadas em intervalos de aulas e estudos extra-aulas, aulas ao ar-livre ou durante o tempo livre dos usuários. A nova vegetação terá, também, função prática de aliviar a temperatura e filtrar a luminância da fachada Norte do Bloco D.

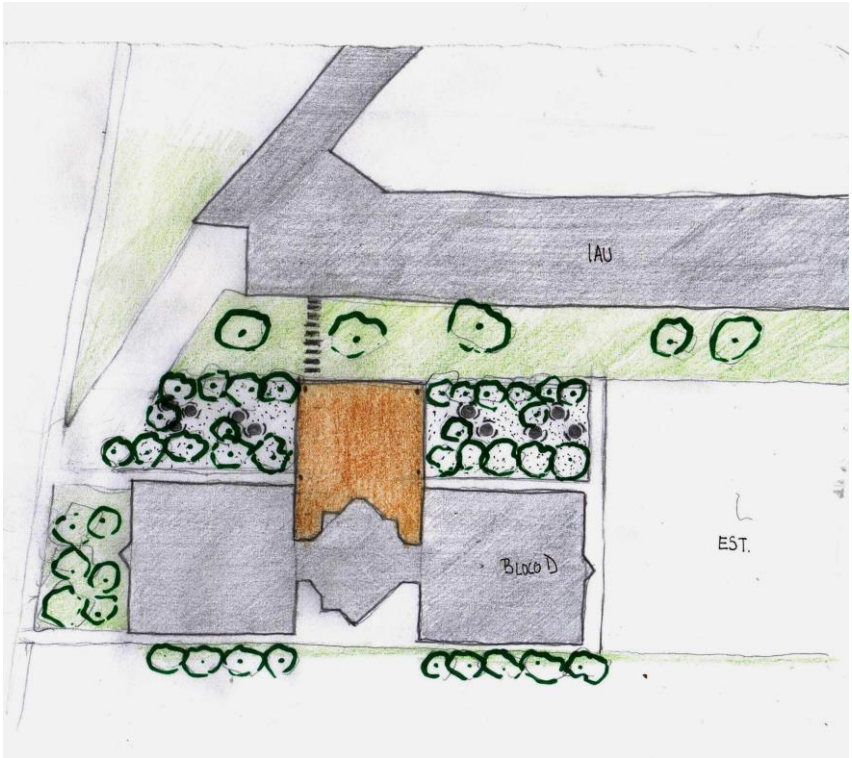


Figura 16. Implantação da Área de Convivência. Acervo Pessoal, 2015.

Figura 17. Perspectiva da Cobertura da Área de Convivência. Acervo Pessoal, 2015.

6.2 Estratégias Socioeducativas

Figura 18. Sinalização e Paisagem do Bloco D. Acervo pessoal, 2015.

Entendendo que a questão da sustentabilidade perpassa não apenas as áreas de projeto e cultura, mas principalmente questões de relacionamento do homem com sua cultura material, é intenção do grupo proporcionar ações educacionais que incentivem atitudes sustentáveis dentro dos blocos institucionais da Universidade.

Considerando que o Bloco D é utilizado para atividades acadêmicas relacionadas a diversas Unidades do campus e ainda que seja de suposto interesse da universidade ampliar a abrangência do conceito de sustentabilidade visando economia de recursos a longo prazo, propomos nesse estudo a implementação de uma série de medidas socioeducativas que visam, sobretudo, conscientizar a sensibilizar os usuários para um uso consciente da infraestrutura da universidade.

A Universidade de São Paulo e o campus de São Carlos, especificamente, possuem diversos programas voltados a finalidades sustentáveis, tais como o USPRecicla e o PURE. No entanto, a questão da eficiência energética é tratada ainda de maneira superficial e passiva. A partir dessa perspectiva, propõe-se a implantação das seguintes medidas socioeducativas:

<u>Grupo de Trabalho e Monitoramento</u>

Indica-se a criação de um grupo de trabalho e monitoramento da difusão do conceito de sustentabilidade entre os membros da comunidade universitária. O grupo seria composto por docentes, funcionários e alunos e seria responsável por realizar e manter atividades em prol da difusão do tema de maneira prática à vivência cotidiana. Dentre as atividades propostas, está a apresentação de instruções de boas práticas de forma a esclarecer a

importância da atuação individual na racionalização do consumo energético. O grupo também ficaria responsável pela elaboração, instalação e manutenção de dispositivos indicativos e expositivos relacionados ao consumo energético, desligamento de aparelhos, etc.. Como visto na Figura 18, estes avisos, apesar de simples, são pouco utilizados.
É possível também a elaboração de um informe eletrônico periódico a ser enviado semanalmente por meio dos endereços eletrônicos institucionais contendo metas, informações e curiosidades acerca das práticas sustentáveis desenvolvidas pelo grupo e na universidade. O informe poderá ter um caráter leve e instigante, de forma a engajar as pessoas a instigar os membros a buscar mais informações acerca do assunto.

Treinamento de funcionários

Sugerimos treinamentos focados para os diversos funcionários da USP São Carlos, terceirizados ou não, entendendo que estes são peças-chave na eficiência de uma postura sustentável, sendo que estes muitas vezes são responsáveis pelo manejo de equipamentos eletrônicos e controle de energia, podendo evitar desperdícios e agindo de maneira ativa em prol da eficiência energética. O treinamento poderia ser oferecido à época de contratação do funcionário e ainda periodicamente ao longo de sua carreira para fins de atualização. Atitudes simples como utilizar ao máximo a luz natural, evitar o desperdício de água, apagar luzes em espaços vazios, etc. podem colaborar para uma reeducação progressiva da comunidade universitária, além da óbvia reversão econômica que isso pode significar.

7.Conclusão

O estudo buscou dar conta de uma análise técnica, arquitetônica e de consumo energético a partir de uma perspectiva sustentável, considerada imprescindível no avanço institucional e social da Universidade de São Paulo. Sendo esta a maior universidade do país, entende-se que existe uma grande responsabilidade e também uma oportunidade positiva de trabalhar conceitos de sustentabilidade dentro da universidade, de modo que esta se torne exemplo para outras universidades e instituições.
No entanto, o cenário atual é caótico, o que ficou claro ao longo desse estudo. O campus I de São Carlos, por exemplo, tem pouco controle de seus gastos energéticos, de tal modo que dados precisos acerca de cada edifício são inexistentes. A criação de órgãos internos como o PURE ou o USPRecicla é positiva, apesar de insuficientes, mesmo em suas áreas específicas, perante a falta de atenção e amparo técnico-administrativo da estrutura da universidade.

A falta de cuidado com os setores de controle interno da universidade fica bastante explicito em sua prática arquitetônica e de construção. Erros básicos tais como a implantação de um edifício em relação à insolação das aberturas aparentemente não são questões em disputa, de tal modo que é prática comum da universidade utilizar “edifícios-carimbo” que são replicados pelos campi da universidade sem qualquer tipo de adaptação.
O edifício Bloco D é emblemático dos problemas administrativos que a USP sofre. Implantado sem orientação arquitetônica e carente de qualidades subjetivas básicas como

espaços de convivência, o Bloco é um problema concreto, de tal modo que as intervenções propostas neste estudo buscam atenuar um problema que, por conta de sua materialidade, não é solucionável de maneira plena.
Não pudemos, por exemplo, mensurar precisamente a economia que a intervenção possivelmente significaria, pois os dados prévios não existem.

Apesar do caráter específico deste estudo, o que fica claro é que, do ponto de vista da prática sustentável, as pequenas atitudes do dia-a-dia tornam-se ainda menores quando desamparadas de um suporte de gestão técnico-administrativa que dê conta de organizar, fornecer e propor novos modos de lidar com nossa cultura material.

8.Bibliografia

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

Selo LEED para Edifícios existentes. Disponível em: http://gbcbrasil.org.br/leed-existing-building.php#prettyPhoto

HENKES, J.A.; STEFANUTO, A. P. O.. Critérios para obtenção da certificação LEED: um estudo de caso no Supermercado Pão de Açúcar em Indaiatuba/SP. TUBARÃO: UNISUL, 2012 (ESTUDO DE CASO).

GRUBERKER, I.. Sistema de Iluminação Natural Tubular. 2011. Disponível em: http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/168/sistema-de-iluminacao-natural-tubular-286811-1.aspx

TERRA, A. et al.. Proposta de Melhoria da Eficiência Energética no campus da USP São Carlos. 2014. Disponível em: http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/256305/mod_resource/content/1/Trabalho%20Final_shs382_energia_2015.pdf

MORAES, J.S. et al. Indicadores de Eficiência Energética de Edifícios Públicos: Estudos de caso da Escola Politécnica (UFBA). Disponível em: http://teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art59.pdf

9. Anexos

Descrição do Indicador de Desempenho Energético de Edificação Pública (desenvolvido em atividade curricular durante a disciplina)

Nome do indicador Desempenho Energético de Edificação Pública
Descrição curta do indicador Indicador de consumo energético do edificio em termos de equipamentos, tempo e desempenho O indicador analiza, dentro das particularidades do funcionamento de um prédio público, o consumo energético da edificação, considerando possíveis desperdícios, custos e a qualidade (conforto) do ambiente para os usuários.
Relevância ou pertinência do indicador [Ter uma boa eficiência energética em prédios públicos é necessário para que estes mantenham seu funcionamento de maneira adequada e não gere custos excessivos aos orgãos administrativos públicos, além de contribuir para a economia energética do planeta sob uma perspectiva sustentável.. O indicador pode acusar práticas não-sustentáveis por parte dos usuarios e possivelmente revelar deficiencias de projeto do edifício
Alcance (o que mede o indicador) O indicador mede a relação entre o consumo energético e o desempenho dos equipamentos elétricos do prédio de salas de aula Bloco D da Universidade de São Paulo, campus de São Carlos, visando analisar se há desperdício de energia.
Limitações (o que não mede indicador) O indicador não mede a eficiencia energética de cada elemento consumidor na edificação, o que não permite uma análise mais detalhada que permita reconhecer outros pontos passíveis de melhora do gasto energético.
Fórmula do Indicador I = E + L + A + Q x (Cnorte/Cbd + Anorte/Abd)
Definição das variáveis que compõem o indicador I = indicador E = envoltória - planos que separam o meio externo do interno - classificada de 1 (ruim) a 5 (ótimo) L = iluminação - qualidade da luz natural e artificial em relação à quantidade de luz necessária em cada ambiente - classificada de 1 a 5

A = ar-condicionado - uso adequado, necessidade e quantidade de aparelhos - classificação de 1 a 5 Q = equipamentos eletrônicos - uso adequado e quantidade de computadores, projetores, etc - classificação de 1 a 5 Ccamp = consumo energético da área norte Cbd = consumo energético do Bloco D Anorte = área total da área norte Abd = área do Bloco D
Cobertura ou Escala do indicador O indicador analisa a edificação Bloco D da Universidade de São Paulo, campus de São Carlos, portanto tem escala local, mas pode ser aplicada em outras edificações públicas semelhantes.
Fonte dos dados Prefeitura do Campus da USP São Carlos e coleta de dados de maniera presencial e por aparelhos de medição fornecidos pelo grupo de pesquisa em conforto do Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos
Disponibilidade dos dados (qualitativo) Por se tratar também de uma questão de segurança, tais dados são restritos aos órgãos interessados da USP e para tal é necessário um requerimento formal perante a instituição para se obter informações consolidadas do aumento/diminuição de tais números.
Periodicidade dos Dados Os dados de consumo energético são coletados referentes ao período de um ano, para que se obtenha uma média do consumo na edificação e do campus como um todo. Os outros dados - como número de alunos, número de aulas no prédio - são coletados a cada início de semestre letivo por meio de acesso ao sistema interno da universidade.
Período temporal atualmente disponível Tal levantamento de dados será possível assim que as readequações tiverem sido concluídas, para que haja uma comparação dos dados atuais e aqueles posteriores à intervenção.
Requisitos de coordenação interinstitucionais para que fluam os dados É preciso estabelecer um diálogo com a administração do campus para que os dados necessários estejam sempre disponíveis, assim como a disponibilização de equipamentos de medições técnicas, para que a periodicidade ideal das coletas de dados aconteçam como o planejado.

Relação do indicador com Objetivos da Política, Norma ou Metas Ambientais ou de DS O indicador deve colaborar para a questão da eficiência energética dos edifícios do Campus – que é pungente dentro dos campi da USP e na sociedade de maneira geral. Espera-se que esse tipo de intervenção possa colaborar de maneira exemplar para uma mudança paradigmática em relação à adoção de uma postura sustentável na produção material das cidades.
Relevância para a Tomada de Decisões Esse indicador deve colaborar para possíveis mudanças no direcionamento arquitetônico das edificações do campus.
Gráfico ou representação, com frase de tendência.
Tendência e Desafios A tendência é que a eficiência energética da edificação alcance um nível satisfatório e que as medidas adotadas sejam implementadas para as outras edificações do campus de São Carlos. O desafio é que tais medidas sejam sempre parâmetro imprescindível na construção, reforma de edificações públicas.
Periodicidade de atualização do indicador A atualização deve acontecer anualmente, pois é preciso que se analise a média de consumo. O período muito curto pode acabar considerando momentos incomuns e pontuais de alto ou baixo consumo.

1. INTRODUÇÃO

Adotou-se um processo de trabalho convencional, de desenvolvimento de um Estudo Preliminar para apreciação e aprovação das Unidades e Departamentos, o que permitiu inclusive a deliberação de algumas Unidades de aporte de recursos próprios. A partir da aprovação desses estudos, são desenvolvidos Projetos Executivos de Arquitetura para cada uma das futuras obras.

Esses estudos são desenvolvidos a partir de aferições das reais condições das salas de aula por meio da realização de aferições acústicas, luminícas e térmicas, visando a avaliação das alterações necessárias a uma efetiva melhoria do espaço físico destinado ao desenvolvimento de atividades didáticas.

As aferições luminotécnicas realizam-se de acordo com a **NBRs 5413, 5382** e **5461**, por meio de aparelho adequado (luxímetro).

2. MEDIÇÃO LUMINOTÉCNICA

As aferições luminotécnicas realizam-se de acordo com as **NBRs 5382** (Verificação da iluminância de interiores – método de ensaio) e **5413**, entendido que a condição mínima de iluminância exigida é variável em função da atividade realizada.

2.1 - Definições

1. **Luz:** Luz é uma radiação eletromagnética capaz de produzir sensação visual.

2. **Fluxo luminoso:** [**Φ**] É a quantidade total de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens (lm).

3. **Intensidade luminosa:** [**I**] Expressa em candelas (cd), é a intensidade do fluxo luminoso projetado em uma determinada direção.

4. **Iluminância:** [**E**] Expressa em lux (lx), é o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância da fonte. Ela é o limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para zero.

5. **Fator ou Índice de Refletância:** É a relação entre o fluxo luminoso refletido e o incidente. Varia sempre em função das cores ou acabamentos das superfícies e suas características de reflectância.

6. **Luminância:** [**L**] Medida em cd/m2, é o limite da razão do fluxo luminoso num ponto dado de uma superfície e que se propaga no interior de um ângulo sólido cujo eixo é uma direção considerada, para o produto desse ângulo sólido e da área projetada da superfície sobre um plano perpendicular a essa direção, quando o ângulo sólido e a área projetada tendem para zero.

i) **Vida e Durabilidade de uma Lâmpada:** O conceito de vida de uma lâmpada é dado em horas e é definido por critérios preestabelecidos, considerando sempre um grande lote testado sob condições controladas e de acordo com as normas pertinentes.

j) **Temperatura de Cor:** Temperatura de um corpo negro que emite uma radiação que tem a mesma cromaticidade que a radiação considerada.

k) **Índice de Reprodução de Cor:** [**Ra ou IRC**] Avaliação do grau de aproximação entre a aparência cromática dos objetos iluminados por uma fonte considerada, e aquela dos mesmos objetos iluminados por um iluminante de referência, em condições de observação especificadas. A luz artificial, como regra, deve permitir ao olho humano perceber as cores corretamente, ou o mais próximo possível da luz natural. Lâmpadas com IRC de 100% apresentam as cores com total fidelidade e precisão. Quanto mais baixo o índice, mais deficiente é a reprodução de cores. Os índices variam conforme a natureza da luz e são indicados de acordo com o uso de cada ambiente.

l) **Eficiência Energética:** É a relação entre o fluxo luminoso e a potência consumida. Portanto, para 1 watt consumido, uma lâmpada incandescente standard clara produz de 10 a 15 lm/W, uma fluorescente compacta de 50 a 80 lm/W, e uma de vapor de sódio de 80 a 140 lm/W.

m) **Espectro Visível:** É uma faixa de radiação que ocorre em um intervalo, com comprimento de ondas que vai de 380 a 780 nm (nanômetros), ou seja, da cor ultravioleta à vermelha, passando pela azul, verde, amarela e roxa. As cores azul, vermelha e verde, quando somadas em quantidades iguais, definem o aspecto da luz "branca".

2.2 - Condições Gerais de Levantamento

- Os resultados somente serão válidos, nas condições existentes durante a medição.
- É importante constar uma descrição dos fatores que influem no resultado, como: refletâncias, tipo de lâmpada e vida, voltagem e instrumento usados.
- A iluminância deve ser medida à altura do plano de trabalho. Quando este não for definido, entende-se o nível como referente a um plano horizontal a 0.75m do piso. Para tanto, o sensor do luxímetro deverá estar na altura do plano de trabalho do ambiente.
- Durante a leitura deve-se evitar a ação de reflexão ou obstrução de luz pelo corpo do pesquisador.

2.3 – Recomendações Quantitativas

- A iluminância no restante do ambiente não deve ser inferior a 1/10 do valor adotado para o plano de trabalho, mesmo que a iluminância adotada pelo restante do ambiente seja menor.
- Recomenda-se que a iluminância em qualquer ponto do plano de trabalho não seja inferior a 70% da iluminância média determinada para este campo.

2.4 – Metodologia e Procedimentos

As aferições deverão ser realizadas com auxilio do aparelho adequado, luxímetro, de acordo com o roteiro apresentado a seguir, para três situações determinadas: iluminação natural, iluminação artificial e iluminação natural + artificial. Para a adequada formulação dos cálculos, medições, assim como do relatório de levantamento devem ser observados os seguintes procedimentos:

- Elaboração de croqui do local, mostrando as dimensões do ambiente, localização das luminárias e a localização dos pontos de medição;
- registro do tipo e número de série do instrumento;
- registro dos dados meteorológicos (ex: nublado, ensolarado);
- registro da data e horário das medições.

2.4.1 – Levantamento da Iluminação Natural:

2.4.1.1 - Determinação do índice local (K)

É necessário obter o índice local (**K**) para a determinação do números de pontos para medição:

$$K = \frac{C \cdot L}{H \cdot (C + L)}$$

Onde: **H** – altura entre o plano de trabalho e a parte inferior da verga da janela

C – comprimento do ambiente

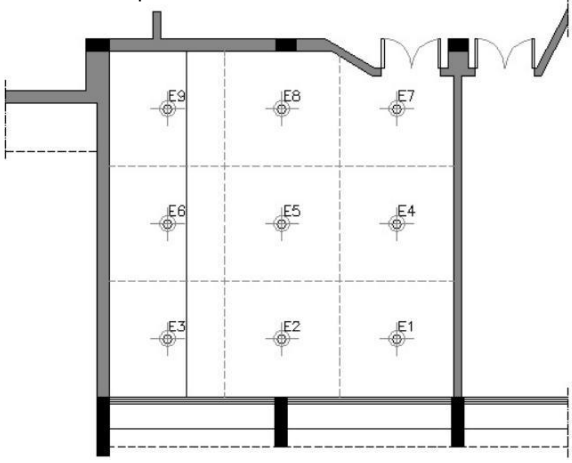
L – largura do ambiente

Fator K	nº. Pontos
K<1	9
1≤K<2	16
2≤K<3	25
K/3	36

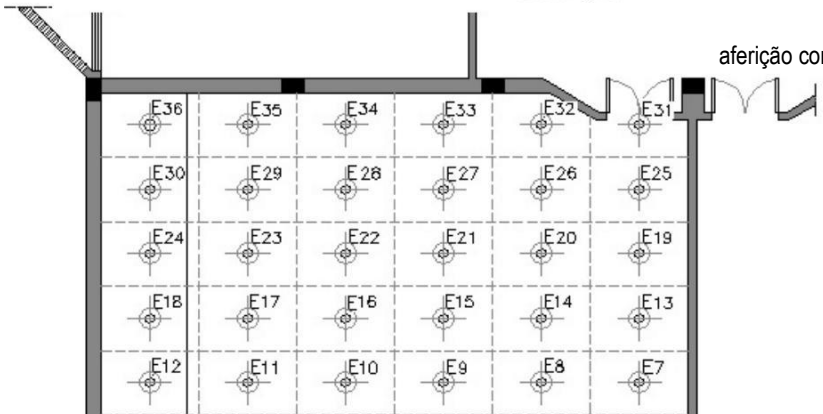
2.4.1.2 – Disposição dos pontos de medição:

A partir do índice K, verificar na tabela acima o número de pontos a serem aferidos no local a ser levantado. Dividir o ambiente interno em um número de áreas igual ao número de pontos a serem medidos. As áreas devem ter um formato igual ou próximo a um quadrado. A iluminância **E** é medida no centro de cada uma dessas áreas.

Exemplos:



SALA DE AULA D–13
Escala 1/100



aferição com 9 pontos

aferição com 36 pontos.

2.4.1.3 – Observações:

As medições do local devem ser aferidas com as janelas abertas e lâmpadas apagadas. Para todos os casos, deve ser aferido o ponto de luminância E, externo ao edifício, em local descoberto e, a uma distância de 2m de qualquer superfície vertical. A medida externa ao edifício não deve ter a incidência direta do sol sobre a célula fotoelétrica do instrumento.

2.4.2.3 – Cálculo da Iluminância Média e do Fator Luz do Dia Médio:

A **iluminância média** é obtida a partir da média aritmética de todos os pontos aferidos:

$$E_m = \underline{\Sigma P}\ n$$

Onde: **ΣP** – somatório das luminâncias de todos os pontos aferidos **n** - número de pontos aferidos

O **fator luz do dia** de cada ponto é obtido a partir da fórmula:

$$FLD = \frac{P}{E}$$

Onde: **P** – luminância de cada ponto aferido

E – luminância externa

O **fator luz do dia médio** é obtido a partir da média aritmética de todos os pontos aferidos:

$$FLD_m = \frac{\Sigma FLD}{n}$$

Onde: **ΣFLD** – somatório dos fatores de luz do dia de todos os pontos aferidos **n** - número de pontos aferidos

Exemplo:

PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE SALAS DE AULAS • PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

LEVANTAMENTO DE ILUMINAÇÃO NATURAL

Bloco D

PROJETO: Sala D-8

DATA: 27/01/2003

ILUMINAÇÃO NATURAL

Ponto	Luminancia	Fator Luz Dia
P1	33,5	0,3%
P2	48,1	0,4%
P3	52,2	0,5%
P4	61,1	0,6%
P5	36,5	0,3%
P6	606	5,5%
P7	289	2,6%
P8	132	1,2%
P9	87,4	0,8%
P10	67,6	0,6%
P11	33,9	0,3%
P12	53,6	0,5%
P13	57,2	0,5%
P14	67,4	0,6%
P15	113	1,0%
P16	113,7	1,0%
P17	114,2	1,0%
P18	34,4	0,3%
P19	67	0,6%
P20	104,1	0,9%
P21	112,3	1,0%
P22	88,4	0,8%
P23	90,1	0,8%
P24	81,4	0,7%
P25	162,5	1,5%
P26	167,8	1,5%
P27	183,5	1,7%
P28	208	1,9%
P29	219	2,0%
P30	208	1,9%
P31	515	4,7%
P32	104,3	0,9%
P33	109	1,0%
P34	39	0,3%
P35	75,3	0,7%
P36	91,6	0,8%
Média=	135,23	1,05%
E1=	11000	

Fator de Luz do Dia médio

Dimensões do ambiente:

14,20	Comprimento
8,30	Largura
1,73	Distância entre o plano de trabalho e o topo da janela
3,03	Fator k

Fator K	n.º Pontos
K<1	3
K=1	16
1<K<2	16
K=2	25
2<K<3	25
K=3	36
K>3	36

Considera-se o fator de luz do dia adequada para Salas de Aula maior que 2%.
Portanto, conclui-se que a sala D-8 possui fator de Luz do dia inadequada

Considera-se iluminância média adequada para Salas de Aula 300lux.
Portanto, conclui-se que a sala D-8 possui iluminância inadequada

2.4.2 – Levantamento da Iluminação Artificial:

2.4.2.1 – Disposição dos pontos de medição:

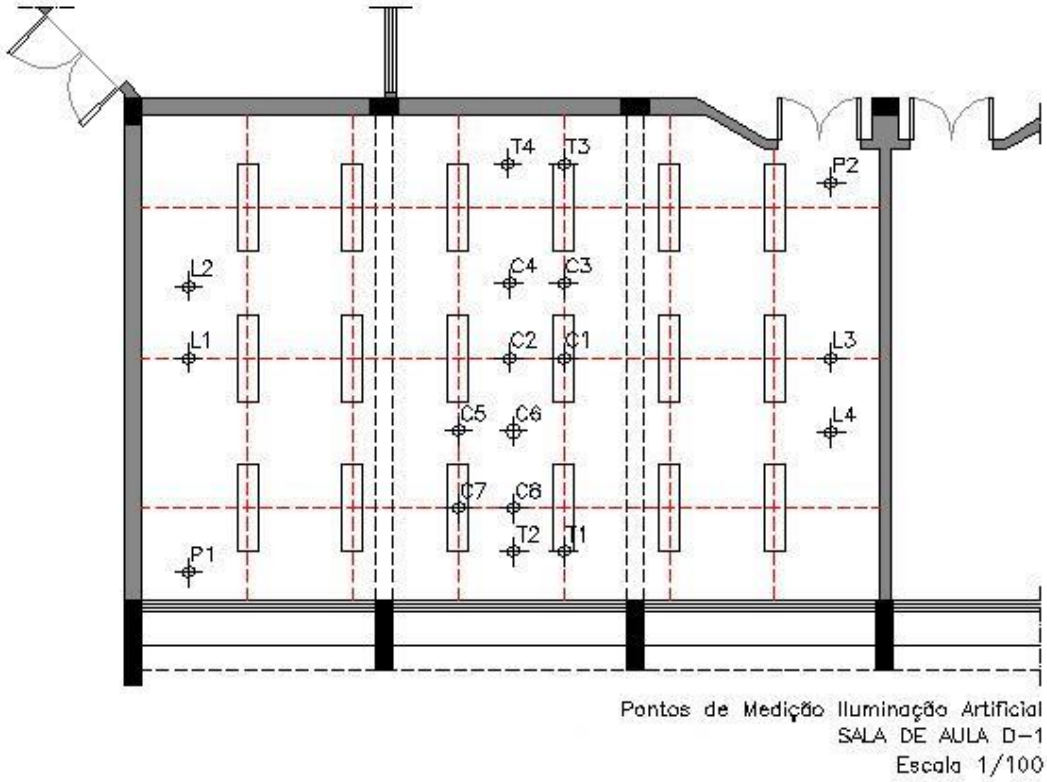
Pontos **P** - nos dois cantos do ambiente diametralmente opostos.

Pontos **L** - entre as paredes transversais e a coluna de luminárias mais próximas.

Pontos **T** - entre as paredes longitudinais e a linha de luminárias mais próximas.

Pontos **C** - no centro do ambiente

Exemplo:



2.4.2.2 – Observações:

- a série T deve ser feita nas meias áreas típicas, paralela à uma dimensão do ambiente;

- a série L deve ser feita nas meias áreas típicas, paralela à outra dimensão do ambiente;

- a série C deverá ser feita em duas áreas típicas centrais do ambiente, quando o número de linhas de luminárias for inferior a 3, realizar só um conjunto de 4 pontos (C_1, C_2, C_3 e C_4);

- as medições devem ser aferidas com portas, janelas e cortinas fechadas, ou de preferência à noite, com todas as lâmpadas acesas.

2.4.2.3 – Cálculo da Iluminância Média:

Se dá na aplicação da fórmula:

$$\frac{MP + MT(n-1) + MC(n-1)(m-1) + ML(m-1)}{mn}$$

Onde: **n** - número de luminárias em cada linha. **m** - número de linhas.

MC - média dos pontos C

ML - média dos pontos L

MT - média dos pontos T

MP - média dos pontos P

Exemplo:

PRÓ salas São Carlos

Programa de Recuperação de Salas de Aulas • Pró-Reitoria de Graduação

LEVANTAMENTO DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Bloco D

PROJETO: Salas D-8 e D-16

DATA: 27/01/2003

ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

P1	309		
P2	274	291,5	Pmédio
C1	565		
C2	560		
C3	544		
C4	525	548,5	Cmédio
T1	355		
T2	322		
T3	399		
T4	316	348	Tmédio
L1	343		
L2	450		
L3	450		
L4	408	412,75	Lmédio

7	Luminárias em cada linha
4	No. de Linhas

488,75	Iluminância Média

Considera-se iluminância adequada para Salas de Aula 300lux.
Portanto, conclui-se que as salas D-8 e D-16 possuem iluminância adequada

2.4.3 – Cálculo de Iluminância Adequada para Interiores:

Para o cálculo da iluminância serão necessários os seguintes dados físicos do ambiente: comprimento, largura, altura do plano de trabalho, altura das luminárias e cores de paredes e teto.

2.4.3.1 - Determinação do índice local (K)

É necessário obter o índice local (**K**) para a determinação do valor do fator de utilização (**U**):

$$K = \frac{C \cdot L}{H \cdot (C + L)}$$

Onde: **H** – altura entre o plano de trabalho e a luminária

C – comprimento do ambiente

L – largura do ambiente

2.4.3.2 - Cálculo do Fluxo Luminoso Total (Iluminância)

$$\Phi = \frac{E.A}{U \cdot m}$$

Onde: **Φ** – fluxo luminoso total

E – iluminância mínima recomendada pela NBR 5413

A – área a ser iluminada com a iluminância E

U – fator de utilização

m – coeficiente de manutenção

2.4.3.3 – Cálculo do Número de Luminárias Necessárias

$$n = \frac{\Phi}{\Phi \text{ luminárias}}$$

Onde: **Φ** – fluxo luminoso total

Φ luminárias – número de lâmpadas por luminária x fluxo luminoso de cada lâmpada (**lm** – obtido a partir dos catálogos das lâmpadas)

2.4.3.4 – Definições

Iluminância Desejada (E): É o nível de iluminância recomendado pela NBR 5413. Seu valor é função da atividade que deve ser desempenhada no local.

ambientes		lux
corredores e escadas		100
salas de aula		300
quadros negros		500
salas de trabalhos manuais		300
sala de desenho		500
laboratórios	geral	200
	local	500
anfiteatros e auditórios	platéia	200
	tribuna	500
bibliotecas	sala de leitura	500
	recinto estante	300
	fichário	300

Fator de Utilização (U): É obtido no catálogo do fabricante de luminárias, sendo determinado em função do índice local (K) e das reflexões do teto e paredes.

Coeficiente de Manutenção (m): O coeficiente de manutenção, é determinado pela limpeza do ambiente e pelo tempo entre cada manutenção podendo ser adotado o valor médio 0,8.

Exemplo:

PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE SALAS DE AULAS • PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO IDEAL

1- Encontrar o K da sala

Altura	Comprimento	Largura
4,2	10	8,5

Kr =	1,083351084

2- Procurar no catálogo, a partir do K, o fator de utilização "U"

3- Cálculo do fluxo luminoso total (iluminância) Φ

E (ideal)	A (área)	M(coef.manutenção)	U(fator utilização)
500	81	0,6	0,79

"Φ" necessário=	85443,03797

4- Cálculo do número de luminárias necessárias

Φ fluxo luminoso total	n de lâmpadas por luminária	Φ fluxo luminoso de cada lâmpada
85443	2	5400

n(número de luminárias) =	7,911388889