



Este trabalho está licenciado sob uma licença [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Fonte: <https://livros.unb.br/index.php/portal/catalog/book/302>. Acesso em: 08 dez. 2022.



Avaliação Ambiental Integrada do Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília – ICC

Marta Adriana Bustos Romero

EDITORA
UnB 60



Universidade de Brasília

Reitora : Márcia Abrahão Moura
Vice-Reitor : Enrique Huelva

EDITORA



UnB

Diretora : Germana Henriques Pereira

Conselho editorial : Germana Henriques Pereira (Presidente)
: Ana Flávia Magalhães Pinto
: Andrey Rosenthal Schlee
: César Lignelli
: Fernando César Lima Leite
: Gabriela Neves Delgado
: Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo
: Liliane de Almeida Maia
: Mônica Celeida Rabelo Nogueira
: Roberto Brandão Cavalcanti
: Sely Maria de Souza Costa

Avaliação Ambiental Integrada do Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília – ICC

Marta Adriana Bustos Romero



Coordenação de produção editorial	Equipe editorial
Assistência editorial	Marília Carolina de Moraes Florindo
Preparação e revisão	Emilly Dias de Matos
Projeto gráfico	Alexandre Vasconcellos de Melo
Diagramação	Cláudia Dias
Foto de capa	Haroldo Brito
Ilustrações	Edu Lauton/Secom UnB
	João Vitor Lopes Lima Farias

© 2022 Editora Universidade de Brasília

Direitos exclusivos para esta edição:

Editora Universidade de Brasília

Centro de Vivência, Bloco A - 2ª etapa, 1º andar

Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília/DF

CEP: 70910-900

Site: www.editora.unb.br

E-mail: contatoeditora@unb.br

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser armazenada ou reproduzida por qualquer meio sem a autorização por escrito da Editora.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
 (Biblioteca Central da Universidade de Brasília – BCE/UNB)
 Heloiza dos Santos – Bibliotecária - CRB1/1913

R763a

Romero, Marta Adriana Bustos.

Avaliação ambiental integrada do Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília - ICC / Marta Adriana Bustos Romero. - Brasília : Editora Universidade de Brasília, 2022.

184 p. ; 27 cm.

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-5846-122-7 (impresso).

ISBN 978-65-5846-115-9 (e-book).

1. Universidade de Brasília. Instituto Central de Ciências. 2. Avaliação ambiental. 3. Bioclimatologia. I. Título.

CDU 727:502



Associação Brasileira
das Editoras Universitárias

Lista de figuras

- Figura 1:** Implantação do Instituto Central de Ciências (ICC/UnB) **34**
- Figura 2:** Foto e panorama geral da instalação dos pilares e das vigas transversais que formam os pórticos dos blocos do ICC (croqui de Oscar Kneipp, 1963) **38**
- Figura 3:** Plantas do Pavimento Térreo, Mezanino e Subsolo do ICC/UnB **39**
- Figura 4:** Unidades Acadêmicas do ICC **48**
- Figura 5:** Sala de aula no pavt.º térreo face BT-552 e Sala IB AT 124-7 (abril, 2005) **49**
- Figura 6:** Sala de aula no pavt.º térreo face BT-552 e Sala IB AT 124-7 (abril, 2005) **49**
- Figura 7:** Sala no mezanino A1 144-6 e Sala no subsolo CSS 654 37 (abril, 2005) **49**
- Figura 8:** Sala no mezanino A1 144-6 e Sala no subsolo CSS 654 37 (abril, 2005) **50**
- Figura 9:** Sala no mezanino IB A1 144-6 e Sala de professor na face B1 543-62 (abril, 2005) **50**
- Figura 10:** Sala no mezanino IB A1 144-6 e Sala de professor na face B1 543-62 (abril, 2005) **50**
- Figura 11:** Sala de professor no pavimento mezanino, face B1 543/62 (Programa Relux) **52**
- Figura 12:** Sala de professor no pavimento mezanino, face B1 543/62 (Programa Relux) **52**
- Figura 13:** Laboratórios no mezanino, IQ B1-120, simulação de iluminação natural e artificial (Programa Relux) **52**
- Figura 14:** Laboratórios no mezanino, IQ B1-120, simulação de iluminação natural e artificial (Programa Relux) **52**
- Figura 15:** Laboratório no subsolo IB CSS 121-40, simulação de iluminação natural e artificial (Programa Relux) **52**
- Figura 16:** Laboratório no subsolo IB CSS 121-40, simulação de iluminação natural e artificial (Programa Relux) **52**
- Figura 17:** Simulação de iluminação artificial, pavt.º subsolo – CESPE (Programa Relux) **53**
- Figura 18:** Simulação de iluminação artificial, pavt.º subsolo – CESPE (Programa Relux) **53**
- Figura 19:** Esquema de comportamento térmico das vedações de espaço típico do ICC **54**

Figura 20: Esquema de comportamento térmico das vedações de espaço típico do ICC	56
Figura 21: Ângulo de proteção dos <i>brises</i>	58
Figura 22: Ala Sul – Bloco A	58
Figura 23: Ala Sul – Bloco A	58
Figura 24: Ala Sul – Bloco B	58
Figura 25: Ala Sul – Bloco B	58
Figura 26: Ala Sul – Bloco B	59
Figura 27: Ala Sul – Bloco C	59
Figura 28: Ala Norte – Bloco B	59
Figura 29: Ala Norte – Bloco B	59
Figura 30: Ala Norte – Bloco C	59
Figura 31: Ala Norte – Bloco C	59
Figura 32: Ala Central – Bloco B	60
Figura 33: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento subsolo	90
Figura 34: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento térreo	90
Figura 35: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento mezanino	90
Figura 36: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento subsolo	92
Figura 37: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento térreo	92
Figura 38: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento mezanino	93
Figura 39: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento subsolo	96
Figura 40: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento mezanino	96
Figura 41: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento térreo	96
Figura 42: Porcentagem recomendada de aberturas nas fachadas. Taxas de WWR - <i>Window Wall Ratio</i> , segundo a orientação das faces do edifício	97
Figura 43: Protótipo – Talude lateral	99
Figura 44: Corte transversal e Dutos de Ventilação	100
Figura 45: Representação das reflexões sonoras oriundas apenas dos refletores (em corte) Situação proposta (Programa Ecotect)	102
Figura 46: Representação das reflexões sonoras dos raios diretos e refletidos (em corte) Situação proposta (Programa Ecotect)	102
Figura 47: Passagem de vento através de dutos de captação dos ventos leste predominantes	104
Figura 48: Dutos de ventilação	108
Figuras 49-50: Jardim-modelo no pavimento subsolo. (Sala de pesquisa e pós-graduação)	108
Figura 51: Recuo de 1 m às 10h	111
Figura 52: Recuo de 2 m às 10h	111

- Figura 53:** Recuo de 1 m às 15h 111
- Figura 54:** Recuo de 2 m às 15h 111
- Figuras 55-56:** Protetores semiopacos - pergolado para vegetação 113
- Figura 57:** De árvores ao longo da face externa do edifício 116
- Figura 58:** Coberturas leves nos jardins para abrigar atividades de convívio 118
- Figura 59:** *Layout* sugerido para existência de recuo com largura de 1 m 121
- Figura 60:** Corte esquemático da proposta de recuo com largura de 1 m 122
- Figura 61:** Proposta das aberturas e venezianas do recuo com largura de 1 m 122
- Figura 62:** *Layout* sugerido para existência de recuo com largura de 1 m 123
- Figura 63:** Corte esquemático da proposta de recuo com largura de 1 m 123
- Figura 64:** Proposta das aberturas e venezianas do recuo com largura de 1 m 123
- Figura 65:** Recuo de 1 m - 10h 124
- Figura 66:** Recuo de 2 m - 10h 124
- Figura 67:** Recuo de 1 m - 15h 124
- Figura 68:** Recuo de 2 m - 15h 124
- Figura 69:** Protótipo de prateleira de luz na face do Bloco C – subsolo 125
- Figuras 70-71:** Protótipo de jardins no subsolo do Bloco C 128
- Figura 72:** Anfiteatro 171
- Figura 73:** Gráfico das reflexões sonoras em corte do Anfiteatro 04 – situação atual (Programa Ecotect) 172
- Figura 74:** Gráfico das reflexões sonoras em corte do Anfiteatro 04 – situação atual (Programa Ecotect) 172

Lista de gráfico

Gráfico 1: Médias das temperaturas de bulbo seco (TBS) e da umidade relativa (UR) de Brasília (1982-1997) **45**

Lista de quadros

- Quadro 1:** Componentes e materiais 39
- Quadro 2:** Análise sensorial do conforto ambiental 40
- Quadro 3:** Matriz de indicadores ambientais 41
- Quadro 4:** Valores de ruídos de fundo 57
- Quadro 5:** Valores de ruídos de fundo 61
- Quadro 6:** Diagnóstico de desempenho dos ambientes tipo analisados 62
- Quadro 7:** Explicações e esquemas das estratégias passivas de condicionamento ambiental 78
- Quadro 8:** Cargas térmicas 135
- Quadro 9:** Espécies vegetais e suas características 138
- Quadro 10:** Espécies arbóreas adequadas para a região 140
- Quadro 11:** Tratamento de fachadas 142
- Quadro 12:** Percentuais ideais de vidros nas fachadas - ICC 143
- Quadro 13:** Protetores solares (temperatura e luz solar) 144
- Quadro 14:** Desempenho de vedações em relação ao isolamento sonoro 165
- Quadro 15:** Coeficientes da absorção utilizados nas simulações com o programa Reverb 169

Lista de tabelas

Tabela 1: Normais climatológicas (1961-1990) INMET, Brasília-DF **43**

Tabela 2: Estratégias bioclimáticas para a cidade de Brasília **46**

Tabela 3: Classificações **93**

Tabela 4: Locais **94**



Sumário

Uma explicação necessária 17

Os limites projetuais da Praça Maior e o Instituto Central de Ciências 20

O Instituto Central de Ciências 21

Analogias entre a arquitetura do *Campus* da Universidade de Brasília e os princípios norteadores de seu projeto acadêmico 23

Apresentação 31

Sobre o edifício objeto da avaliação 32

Quanto à forma do edifício 33

Técnica construtiva 34

Alguns embasamentos 35

CAPÍTULO 1

Etapa de planejamento 37

Método para avaliação de desempenho ambiental do Instituto Central de Ciências 37

Levantamento e definição de indicadores de desempenho ambiental 38

CAPÍTULO 2

Etapa de verificação 43

Breve caracterização do clima de Brasília e recomendações de projeto 43

Avaliação bioclimática e diretrizes construtivas para o clima de Brasília 45

Medições 47

Análise de resultados 48

Elaboração de diagnóstico 62

CAPÍTULO 3

Diretrizes de projeto para a adequação dos espaços típicos 73

Estratégias bioclimáticas ou de acondicionamento ambiental passivo para a região de Brasília 73

Zoneamento bioclimático 87

Zoneamento de adequação 91

Zoneamento acústico 93

CAPÍTULO 4

Diretrizes de adequação para o Instituto Central de Ciências: alas e faces 97

- Ala Sul – Bloco B – face externa Sudoeste (com protetores solares)
AZIMUTE = 214° **98**
- Ala Sul - Bloco B – face externa Nordeste AZIMUTE 34° **103**
- Ala Sul - Bloco A – face externa Nordeste (com protetores solares)
AZIMUTE 34° **106**
- Ala Sul - Bloco A – face externa Sudoeste AZIMUTE 214° **111**
- Ala Norte – Bloco B – face externa Sudoeste
(quase Oeste) AZIMUTE 254° **114**
- Ala Norte – Bloco B – face externa Nordeste (quase Leste) AZIMUTE
74° **118**
- Ala Sul – Bloco C – face externa Noroeste – AZIMUTE 304° **124**
- Ala Norte – Bloco C – face externa Norte AZIMUTE 154° **125**
- Ala Central – Bloco B – AZIMUTE 234° **125**
- Ala Norte – Bloco C – face externa Sul AZIMUTE 344° **126**
- Subsídios para os sistemas de iluminação artificial e relativa eficiência
energética dos ambientes do Instituto Central de Ciências **130**

Considerações finais 131

Referências 133

Anexo A 135

- Diretrizes de projeto **146**

Anexo B 155

- Diagramas solares **155**
- Isolamento sonoro **165**
- Tempo de reverberação **168**
- Casos típicos **170**
- Anfiteatros **171**
- Sala de aulas / Laboratório (face CSS 657/38) **172**
- Sala de computadores (CPD BSS 429/63) **173**
- Sala de professores (face B1 543/62) **173**
- Salas de Administração (A1-144/06, BSS-373/61 e CSS – 457/45) **173**
- Rosa dos ventos – Frequências dos ventos **174**

Uma explicação necessária

A Universidade de Brasília (UnB), tal como foi pensada por Darcy Ribeiro e por seus fundadores, não chegou a existir plenamente. Foi um sonho bravamente implantado, de poucos anos de duração até sua abrupta interrupção. Tampouco a sua Praça Maior, conforme imaginada por Lucio Costa¹ e projetada por Oscar Niemeyer, chegou a ser executada.

Este livro traz uma Avaliação Ambiental Integrada do Instituto Central de Ciências (doravante ICC) da UnB, um estudo técnico encomendado pelo Ceplan (Centro Planejamento Oscar Niemeyer), nos tempos do Reuni (Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais). Mas antes de apresentar o texto completo da obra, cabe uma explicação acerca do significado do ICC, sua concepção arquitetônica, sua inserção no espaço, e do pensamento na criação de uma *universidade sonho* de Darcy Ribeiro.

A posição do Lago Paranoá determinou a orientação do ICC que para ele se abre, na forma final da paisagem criada por Niemeyer, que buscou em uma forma côncava, com o lado vazio abrindo o edifício para o espaço urbano e abraçando o conjunto das formas criadas, um abraço acolhedor do edifício, do *campus* abrindo-se a cidade. No outro lado temos a forma convexa que faz o gesto expansivo do edifício em relação à cidade, dentro dos limites permissíveis que a dinâmica do edifício produz (ORDOÑES, 2010). A forma do ICC foi traçada levando em consideração o que se encontra do lado de dentro da curva; ela é arqueada com respeito à praça interna, e não ao sítio externo. Pode-se argumentar que a Praça Maior havia sido proposta anteriormente por Lucio Costa e que é, portanto, um dado preexistente pelo qual o edifício se deixa condicionar.

Para a compreensão do projeto do campus transcrevo as palavras de Schlee (2006), para quem o desenho de Lucio Costa de 1962 reproduz a forma de organização administrativa da própria UnB, que até então era baseada na integração de três modalidades de órgãos: os institutos, as faculdades e as unidades complementares.

Por opção do autor de Brasília, o *campus* deu as costas para a Capital. O restante da cidade e o próprio lago tornaram-se apenas referências visuais.

¹ Como um grande parque, com “toda a área cortada por estradas, predominantemente curvas, que pela suavidade contrastam predominante com as linhas hieráticas do conjunto da cidade.” (PDE, 1962, p. 22).

Não condicionam ou determinam nada no partido adotado. Simultaneamente, a Universidade não se integra com a cidade e não usufrui o lago. Logo, volta-se para si mesma. A sua Praça Maior comprova tal tese.

A gleba destina (*sic*) à UnB tem o formato de um “arco indígena”. No qual, a “corda” corresponde à via L3 Norte – limite com a cidade; e a “vara arqueada” à via L4 Norte – “Via da Universidade”, próxima ao lago. Na porção central desta “vara” (nordeste), Lucio Costa implantou a chamada Praça Maior, que embora tenha sido denominada de “entrada magna”, volta-se para o interior do conjunto. Ou seja, não está visualmente aberta para o lago, mas para os demais edifícios educacionais. Trata-se de uma praça seca e quadrangular, delimitada por edifícios funcionalmente significativos que a tangenciam: a Aula Magna, a Reitoria, a Biblioteca, a Rádio e o Museu da Civilização Brasileira.

Da Praça Maior, mas sem tocá-la, partem em direção à via L3 Norte dois eixos divergentes e que cortam o campus no sentido transversal. O da porção sul foi chamado de eixo da “tecnologia” e o da porção norte, de eixo das “ciências médicas”. Ao tocarem a via L3, os eixos configurariam mais dois acessos à Universidade (propondo numa espécie de triangulação com a “entrada magna”). No sentido longitudinal, Lucio Costa lançou duas outras vias, sinuosas e quase sempre paralelas entre si. Desta forma, ficou configurada uma grande malha de nove macro parcelas distribuídas “em leque” a partir da Praça Maior, cada uma correspondendo a uma determinada função ou área de conhecimento (Tecnologia-Serviços Gerais-Ciências Médicas; Matemática-Física-Química-Geociências; Artes-Vivência-Humanidades). (SCHLEE, 2006, [s.p.]).

Schlee (2011) nos relata, em sua análise sobre a Praça Maior, que ao iniciar sua atividade no Ceplan, Oscar Niemeyer introduziu modificações substanciais no projeto urbano de Lucio Costa, que passou a ser respeitado apenas como uma sugestão de macrozoneamento. O desenvolvimento do ICC comprova tal afirmação. Assim, entre outras transformações introduzidas, segundo Schlee (2011), o arquiteto inverteu o sentido da Praça Maior de Lucio Costa, que, em sua nova versão, passou a se abrir completamente para as vistas do lago. Agora de desenho retangular, a Praça passou a ser tratada como uma grande base para articular apenas quatro prédios fundamentais: a Aula Magna, a Reitoria, a Biblioteca e o Museu da Civilização Brasileira.

Em novembro de 1962, Lucio Costa apresentou uma proposta para a adequação e implantação da segunda Praça de Oscar Niemeyer. Segundo Castor (2004, p. 75), nessa proposta Lucio Costa “parece ter tratado o Instituto de Niemeyer como um dos seus, isto é, como um bloco que, apesar de sua forma diferenciada, não interfere no traçado pitoresco do parque universitário, mas participa dele como todos os outros, sem privilégios”.

Ainda em 1962, o campus começou a receber suas primeiras construções; era necessário construir muito e rapidamente para cumprir um ambicioso programa de obras em um curto espaço de tempo, num ritmo imposto por Darcy Ribeiro. Foram desenvolvidos métodos de construção de peças pré-fabricadas em concreto aparente.

Com as modificações substanciais no projeto urbano de Lucio Costa, Niemeyer transforma o ICC em um elemento estruturador do *campus*, apesar de estar subordinado hierarquicamente ao espaço da Praça Central. Assim sendo, cria-se a atmosfera do lugar, um fenômeno qualitativo que não podemos reduzir à soma de seus elementos constitutivos (ROMERO, 2011, p. 19). O projeto cria laços, não fica isolado na paisagem e sinaliza o caráter urbano do *campus*.

Adquire assim consistência e se afiança no lugar, pois, como Mahfuz (2004, [s.p.]), colocar “a relação com o lugar é fundamental para a arquitetura; nenhum projeto de qualidade pode ser indiferente ao seu entorno”. Assim, o projeto, segundo Mahfuz (2004), deve estabelecer relações entre as partes de um todo, o que vale tanto para as relações internas a um projeto quanto para as que cada edifício estabelece com seu entorno, do qual é uma parte.

O ICC abriga, sem descontinuidade de tecido, ao contrário, com seu abraço de integração e mimetismo, o *genius loci*, o sentido de lugar reforçado que, segundo Romero (2011), outorga elementos e vantagens bioclimáticas de interação social e de sustentabilidade ambiental, concentra episódios gregários e ata, une, cria e reforça os vínculos físicos entre as diversas partes do *campus*. Ao diluí-los progressivamente em direção ao leste, encontramos, como Niemeyer idealizava, a cidade do conhecimento, incluindo a Biblioteca e os elementos da administração (a Reitoria). Frisamos que a configuração que o homem opera no ambiente ressignifica os lugares carregados de significados globais, fornece as qualidades que distinguem sua utilização e sugere as assimilações requeridas:

Para fazer uma adequada intervenção arquitetônica e urbanística, embasada na análise de desempenho ambiental do espaço aberto, os elementos qualitativos relevantes que devem ser considerados são o meio ambiente urbano e a estrutura do lugar. O meio ambiente urbano pode ser representado como um objeto único, tendo como base a síntese das características que lhe dão identidade própria. A identidade refere-se a uma parte do território, natural ou construído, que ressignifica o nosso entendimento do meio físico. Assim como a cultura ambiental, a identidade é uma síntese das condições do meio natural e da paisagem construída, dos conjuntos urbanos e dos espaços de uso público, das edificações, do mobiliário etc. A consideração desses elementos nos permite atender melhor às exigências de qualidade de vida dos cidadãos. Por outro lado, ao negligenciarmos os elementos próprios do lugar, especialmente os ambientais que, em virtude da sua especificidade, são os que lhe outorgam caráter e o definem nas suas feições fundamentais, omitimos um planejamento local específico, mais adequado, que respeite a grande diversidade regional. (ROMERO, 2011, p. 19).

Compete à arquitetura denotar a visualização do *genius loci* e criar significados para o espaço, ajudando assim o homem a morar bem, a desenvolver sua relação com o ambiente. Aplicado ao conceito universitário e ao território da Universidade, sua configuração é testemunho da organização do espaço para sua utilização social (NORBERG-SCHULZ, 1984, citado por ROMERO, 2011, p. 19).

Os limites projetuais da Praça Maior e o Instituto Central de Ciências

No plano urbanístico de 1963, segundo Castor (2004), Niemeyer aproxima o ICC da Praça, eliminando a via interna que os separava, com um gesto ilustrativo do conceito de forma aberta. Além disso, quebra a continuidade dos eixos transversais do campus que limitavam seu crescimento em direção ao ilimitado. Na planta de Lucio Costa, o ICC estava dentro do traçado urbanístico, na de Niemeyer, está acima dele, tanto que os eixos convergentes passam por baixo das alas do edifício antes de chegarem à Praça Maior. É como se as ruas do campus tivessem sido traçadas depois de os institutos já terem sido esparramados livremente sobre o terreno. O ICC da planta de Niemeyer, por sua vez, deixa claro que aquele surgiu depois do sistema viário, sobrepondo-se a ele (CASTOR, 2004).

Segundo Schlee (2006), Niemeyer manteve os dois eixos transversais propostos por Lucio Costa e fez deles limites projetuais. Ao imaginar o ICC, uniu-se em uma única edificação os diferentes e isolados blocos de Lucio Costa (Matemática-Física-Química-Geo-Ciências). Por suas dimensões e forma inusitadas, o “Minhocão” passou a dialogar com a Praça Maior, reforçando o desenho do “leque” original de Lucio Costa. Entre os dois conjuntos (o didático e o administrativo), foi delimitada uma grande praça verde de convívio variado. Com seus projetos, Oscar Niemeyer força a Universidade a olhar para o lago; a pequena altura do edifício (6 m) não agride a vista do parque e impede que o edifício seja apreciado de uma vez em toda sua extensão, já que a vegetação o escamoteia, tal como preconizado no sábio jogo dos congressos de arquitetura na modernidade:² a utopia moderna da convivência harmônica entre o natural e o artificial, como na suave curvatura de ala central no seu diálogo com a sinuosidade viária do entorno.

Segundo Soares e Medeiros (2020), apesar da denominação de “praça”, o espaço apresenta configuração de parque, sendo composto por vários setores. Dentre os vários elementos propostos por Fernando Chacel em 1972, o autor do projeto paisagístico da Praça Maior, buscou-se o equilíbrio da composição – a oposição de massas vegetais compatíveis com a escala nessa área extensa de arquitetura de caráter monumental dos edifícios do ICC, Biblioteca Central e Reitoria. Ali há um teatro de arena (o Teatro de Arena Honestino Guimarães, para cerca de 500 pessoas e cuja tipologia arquitetônica, segundo os autores citados, tem a peculiaridade de possuir o espaço da plateia disposta – total ou parcialmente – ao redor do palco). O teatro também integra a paisagem da extensa e envolvente área verde do *Campus*, e com um paisagismo desenvolvido e consolidado ao longo do tempo, recebe eventos que mobilizam a comunidade não só da universidade, mas de toda a cidade.

Preservando o mosaico urbano delimitado pelo expressivo sistema viário proposto por Lucio Costa e pela presença da Praça Maior, o edifício do ICC, segundo as considerações

² Os CIAMs, isto é, Congressos Internacionais de Arquitetura Moderna. O IV Congresso CIAM realizado em Atenas chegou ao seguinte postulado: “o sol, a vegetação, o espaço são as três matérias-primas do urbanismo.” A Carta de Atenas expõe que na estética moderna a natureza se apresenta como fundo sob o qual os edifícios repousam.

de Kohlsdorf (2006), ao visar a ruptura do isolamento característico ao espírito universitário tradicional no ensino superior brasileiro, definiu, pela proximidade física entre áreas distintas, uma nova estrutura para o *Campus* da UnB e passou a conduzir sua expansão (KOHLSDORF, 2006).

Encontramos assim que a maior gleba fica livre como parque aberto à população, com tratamento paisagístico que preserva a vegetação nativa e a enriquece, pelo reencontro com a paisagem do Cerrado. Kohlsdorf (2006) nos lembra que o *Campus* faz parte de área tombada, e participa da escala bucólica da cidade. A escala bucólica se manifesta como traço de identidade de Brasília de dois modos: “concentrada em torno do Lago Paranoá e, a partir daí, avançando até a borda mais densamente ocupada da cidade; e dispersa, imiscuída ao tecido das demais escalas monumental, gregária e residencial” (KOHLSDORF, 2006, p. 7).

O Instituto Central de Ciências

Niemeyer não delimita as asas do ICC, daí o caráter aberto, potencialmente ilimitado de sua estrutura modular que permite a constante mutação. Assim, as fachadas do ICC, constituídas por elementos verticais, acentuam um perfilar para esse horizonte. Segundo Leão (2012), a visão dos dois blocos paralelos converge em alguns pontos para um ponto único no horizonte, parecendo tocar o céu – como um desejo de abarcar o infinito.

Os dois braços retilíneos do edifício estão inclinados de modo a incidirem perpendicularmente sobre o par de eixos convergentes remanescentes do plano original. Assim, os dois saguões (sem nenhum elemento de destaque) de acesso ao bloco convergem simetricamente para o centro da praça, viabilizando a comunicação entre ambos, do mesmo modo que os eixos traçados por Lucio Costa convergem para o local onde ela estava anteriormente posicionada.

O ICC sacrifica uma das vias do plano antigo, é verdade, mas ao mesmo tempo celebra sua memória: “Pode-se dizer que ela ainda corre virtualmente por entre suas alas, fazendo-se representar tanto pelos corredores longitudinais de pedestres, quanto pela via subterrânea de automóveis.” (CASTOR, 2004, p. 56).

Mas, é na arquitetura do ICC que os diferentes conceitos de “abertura” formal parecem se encontrar. De fato, seus pórticos não apenas parecem prolongar indefinidamente no espaço, como se prestam, ou deveriam prestar-se, as mais imprevisíveis e diversificadas formas de apropriação individual. Segundo Leão (2012), as entradas principais do edifício, o Ceubinho e o UDFinho, apesar de serem conhecidos de forma pejorativa como “lugar de não se fazer nada”, são os lugares de troca de informações. Pode-se até dizer que o ICC não possui, rigorosamente falando, uma forma definida e acabada: foi planejado como um edifício destinado a mudar continuamente de aspecto em virtude dos espaços e coberturas a serem construídos e reconstruídos ao sabor das conveniências internas, à semelhança dos pórticos, aparentemente concebidos como estruturas eternamente inacabadas.

Nesse sentido, o edifício combina adequadamente com o caráter temporário, renovado a cada chuva, dos jardins que margeiam os eixos de circulação; eles não são irrigados (as áreas verdes foram reestruturadas pela equipe do projeto de extensão Museu das Flores³) e, em consequência, o que é introduzido nos jardins cresce, floresce e seca sozinho, segundo matéria no jornal *Correio Braziliense* (SILVA, 2021) acerca do novo jardim de sequeiro do ICC, que conta com espécies tropicais e nativas do cerrado.

Segundo Castor (2004, p. 105), o que distingue a arquitetura de Niemeyer não é tanto a impressão de movimentar-se, mas a de que nunca deixará de fazê-lo:

As formas que ele projeta vivem em busca do infinito, e como este, por definição, não pode ser alcançado, elas também não podem morrer. Os projetos de Niemeyer não querem, nem poderiam comprometer-se com contexto algum, não por falta de flexibilidade, mas porque estão em perpétuo processo de mutação. A vida das formas oscárias (o termo é de Darcy Ribeiro) apoia-se na ilusão de movimento.

Essa continuidade, sem fim previsível, é o que nos permite classificar as formas⁴ livres de Niemeyer como abstratas, pois atendem a uma lógica interna, não havendo vínculos explícitos com a realidade exterior, senão aqueles de contraste.

O conceito de forma de Mahfuz (2004) como uma relação entre elementos a torna válida para todos os níveis ambientais, pois a forma não tem escala, afastando de vez a crença de que os objetos modernos são indiferentes ao entorno em que se inserem. Isso violaria, se fosse verdade, um princípio essencial do pensamento criativo da modernidade e da arquitetura sustentável no sentido de aproximar a cidade da natureza. Além de possuir um sentido estrutural e relacional, a forma de uma obra não deve ser entendida como algo externo aos condicionantes do problema arquitetônico, nem como algo que deriva diretamente deles. É mais adequado entender a forma como uma síntese do programa, da técnica e do lugar, obtida por meio da ordem visual.

Nesses termos, adquire um sentido mais claro o conceito de “identidade formal”, que é a ordem específica de cada obra, aquela condição de estrutura constitutiva própria e independente de fatores externos, mesmo quando esses fatores são tão fortes como os ambientais cerratenses de Brasília.

³ Coordenado pelo professor Júlio Pastore, professor de Paisagismo da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV).

⁴ Segundo Mahfuz (2004), o conceito de *forma* tem se prestado a muita confusão, pois lhe é atribuído dois significados de sentido oposto. Enquanto para muitos o termo “forma” se refere à aparência de um objeto, ao seu aspecto ou conformação externa, tornando-se sinônimo de figura (*gestalt*, em alemão), na arquitetura moderna forma se identifica com o conceito moderno de estrutura (*eidos*, em grego). O formal sempre se refere à estrutura relacional ou sistema de relações internas e externas que configuram um artefato ou episódio arquitetônico e determinam a sua identidade. Esse sentido relacional da forma é, no âmbito da arquitetura moderna, uma consequência da sua renúncia aos valores de objeto como algo fechado em si mesmo.

No ICC, a luz desempenha um papel significativo, pois, incidindo sobre os planos estético e simbólico de sua arquitetura, oportuniza cenários para contemplar a luz incidente, refletida e difusa (CASTOR, 2004, p. 74). No edifício, a luz solar é tão abundante que se converte em elemento de fundo, sobre o qual se destacam as figuras pintadas de sombra. A luz solar destaca também a horizontalidade dos volumes quando permanecem inundados de luz solar, e em determinadas épocas do ano, quando os volumes refletem a luz solar, as superfícies de vidros parecem ter luz própria, uma luz ativa. Mas também a luz solar no clima de Brasília faz com as sombras sejam curtas e os objetos vibrem e se dissolvam, o que enfatiza, segundo Romero (2015), a atmosfera ou “gênio” do lugar.

Nas palavras de Darcy Ribeiro, Lucio Costa previra no plano urbanístico do campus áreas específicas para cada um dos oito Institutos Centrais da Universidade. Cada um contaria com edifícios especializados para anfiteatros, salas de aula, laboratórios, departamentos, bibliotecas, somando, ao todo, mais de 40 edificações a serem projetadas e construídas uma a uma (RIBEIRO, 1978).

Oscar Niemeyer decidiu reunir boa parte delas num único edifício, capaz de acomodar qualquer programa de utilização. Afortunadamente, sua estrutura básica mostra-se perene e imutável em oposição ao caráter transitório dos espaços organizados sob sua proteção: “Em sua simplicidade, com grandeza, o Minhocão é o antipalácio; mas ainda assim, ou por isto mesmo, é um dos mais belos edifícios do mundo” (RIBEIRO, 1978, p. 38).

Analogias entre a arquitetura do *Campus da Universidade de Brasília* e os princípios norteadores de seu projeto acadêmico

Sendo as universidades organizações complexas, administradas por ideias de gestão, planejamento, previsão, controle, êxito e transformação, cuja permanência depende muito de sua capacidade de adaptar-se celeremente a mudanças rápidas do meio ambiente, aumenta o interesse pela ideia de flexibilidade, que indica a capacidade adaptativa a mudanças contínuas e inesperadas. No caso do ICC, essa flexibilidade se traduz pela independência da estrutura em relação às atividades desenvolvidas no interior do edifício. Os pórticos estão fisicamente desvinculados dos ambientes particulares que envolvem e são os principais responsáveis pela qualidade visual do conjunto.

De fato, a arquitetura do ICC expressa visualmente o pretendido equilíbrio entre unidade e diversidade; os espaços resultam fluidos, vibrantes, imponderáveis, sendo exemplarmente vivenciados e ocupados. A estrutura modular do edifício é capaz de comportar variações internas, sem comprometer a unidade do conjunto, demonstrando que “una fuerte estructura básica puede tolerar una cierta cantidad de desviación sin que por ello se ponga en peligro.” (ARNHEIM, 2002, p. 143). Fato este também apontado por Castor (2004), quando nos apresenta a citação de Katinski (1991) em relação a que padronização interna dos espaços não exclui a flexibilidade inerente ao partido arquitetônico adotado,

“capaz de atender à constituição de qualquer unidade de ensino que se queira organizar atualmente.” (CASTOR, 2004, p. 51).

Arantes (2013, p. 7) explica que “do ponto de vista do uso, os blocos teriam funções distintas: o bloco ‘A’ – voltado para a Praça Maior – seria destinado a laboratórios e por isso a previsão de uma rua de serviço a ele vinculada”. Na parte voltada para a praça maior foi prevista uma faixa em toda a extensão do edifício com pé-direito duplo, permitindo flexibilidade para implantação dos laboratórios.

Havia a ideia de se criar uma universidade tão moderna quanto os traços que desenhariam os monumentos da Capital e que serviria de exemplo para toda a América Latina. Anísio Teixeira viu na proposta de Darcy Ribeiro uma expressão avançada para comungar com seus objetivos e pensamentos sobre a estrutura de integração, que fosse capaz de lidar com a Universidade e que pudesse agregar o sentido de articulação interdisciplinar, interinstitutos e interfaculdades, e acabou abraçando a causa. Com os princípios norteadores de seu projeto acadêmico assim estipulado, a UnB nasceu como uma fundação autônoma que abrigaria uma comunidade integrativa e científica capaz de se relacionar com todas as áreas de conhecimento. É por isso que já abriu suas portas com cursos de graduação e pós-graduação.

A proposta dos criadores da UnB era revolucionar o ensino superior por meio de um aprendizado interdisciplinar que possibilitasse ao aluno compor livremente seu currículo. O ICC foi projetado para ser a expressão concreta desse sonho e, ao mesmo tempo, um instrumento para sua realização, ao reunir num mesmo espaço os principais institutos de ciência da Universidade. A ocupação se deu no mesmo sentido de sua construção, da ala Sul para a Norte. Também não foi respeitada a disposição planejada por Oscar Niemeyer: as faculdades deveriam ter uma ocupação transversal, ocupando duas faces do “Minhocão”.

O Ceplan tinha começado a construir um edifício projetado por Niemeyer e colaboradores, para acolher os institutos centrais de Ciências e o “Minhocão”. Quando os primeiros 200 metros estivessem terminados, além das Ciências, vários outros setores da Universidade poderiam ser instalados provisoriamente nele, até que suas instalações próprias fossem disponíveis. Para Salmeron (2012), o “Minhocão” foi uma solução inteligente; sendo impossível prever a evolução de cada setor da Universidade, era difícil construir um edifício especial adequado para cada um.

A motivação essencial dos planejadores da UnB era de que os institutos centrais e também as faculdades devessem ser lugares de atividades criadoras, não ambientes de ensino. E, apesar de dividirem o mesmo espaço no ICC, cada faculdade foi criando uma identidade própria.

O estudante recebia a formação básica nos Institutos Centrais⁵ durante dois anos. Se desejasse abraçar uma carreira científica, artística ou literária, explica Salmeron (2012),

⁵ Já funcionavam na UnB oito Institutos Centrais – Artes, Ciências Humanas, Letras, Biociências, Física, Geociências, Matemática e Química –, a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, o Curso de Jornalismo e o Centro de extensão Cultural. As Faculdades de Medicina e de Tecnologia estavam em início de planificação.

continuar os estudos nos institutos; se escolhesse outra profissão, seguiria para a faculdade adequada, a partir do terceiro ano. Para Almeida (2017), a medida de maior impacto negativo na estrutura da Universidade foi, sem dúvida, a extinção do Básico geral, em 1987. Entretanto, para mitigar os problemas gerados por essa medida, o Conselho (Consuni) criou o Centro de Estudos Avançados Multidisciplinares (CEAM), visando impulsionar a integração do ensino com a pesquisa pela via da interdisciplinaridade. Na sequência da eliminação do básico,⁶ os institutos e faculdades se tornaram autossuficientes e, dessa forma, as congregações de carreira⁷ perderam a função de elo entre as unidades acadêmicas. Em seu lugar foi colocado o colegiado do curso (ALMEIDA, 2017, p. 79).

Segundo Campos (2009), Niemeyer defendia a cidade do conhecimento – a Cidade Universitária de Brasília (CUB) –, nome que gravou em boa parte dos croquis de 1962 (50 esboços de um *campus*). Do exílio, no exterior, Niemeyer viu a UnB se desenvolver sem sua presença.

Nós sabíamos que nossa tarefa-desafio não era fazer outra universidade-fruto, resultante de um desenvolvimento já cumprido, como será a Sorbonne, por exemplo. Precisávamos de uma universidade-semente, capaz de gerar um desenvolvimento que o país não tem. (RIBEIRO, 1986, p. 4).

Tanto na trajetória de Darcy Ribeiro quanto na de Anísio Teixeira, o compromisso com a produção de conhecimento estabeleceu relações com a transformação da sociedade, sendo esses traços constantes em suas obras. Segundo Souza (2018), a participação orgânica em ações sociais foi sempre o norte de ambos, fazendo com que a vida intelectual fosse uma missão, orientada pela constante responsabilidade de transformação social que eles assumiram, uma função crítica da ordem, considerando os traços de coerência entre sua obra e vida. Segundo o mesmo pesquisador (2018, p. 325), tratava-se de “coerência política entre teoria e práxis, orientadas por um projeto deliberado”.

Nas palavras de Souza (2018, p. 336), “as experiências de educação integral pelas quais passou o Brasil ensaiaram, dentro das condições materiais possíveis, uma aproximação a uma formação humanista moderna”. Foi o caso das proposições advindas do documento “A reconstrução educacional no Brasil – ao povo e ao governo”, contidas no *Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova* (1932), que se materializarão nas experiências educacionais de Anísio Teixeira, no Centro Educacional Carneiro Ribeiro, na Bahia; mais tarde, em Brasília, com as escolas classe e escolas parque; com a própria UnB; e, por último, com os Centros Integrados de Educação Pública (Cieps), no Rio de Janeiro. Darcy Ribeiro, apaixonado pelas causas sociais, reforçou a tese de que o papel do intelectual implica uma intervenção direta no corpo social.

⁶ Ideia do primeiro ciclo, da cultura universitária do aluno de graduação. Nas palavras de Darcy (1987, p. 102), “proporcionar ao futuro cientista ou profissional oportunidade de fazer-se também herdeiro do patrimônio cultural e artístico da humanidade e ao futuro graduado de carreiras humanísticas, uma informação científica básica”.

⁷ Antigo corpo decisivo.

O Plano⁸ de Reordenamento físico do ICC (Plan UnB XXI e REUNI), segundo Arantes (2013), que tirou partido da desocupação de quase 30% do edifício, compreendida pelo Instituto de Biologia, Instituto de Química, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FACE) e o Centro de Seleção e Promoção de Eventos (CESPE), fez uma proposta geral de reordenamento da ocupação do ICC. A proposta decidiu por reagrupar todas as unidades do Instituto de Letras, de parte do Instituto de Física e do Instituto de C. Humanas, respectivamente nas alas Sul, Centro e Norte do bloco B. A Faculdade de Arquitetura e de Comunicação, já consolidadas na ala Sul do Bloco A – ocupando os três níveis –, foram ampliadas por meio de implantação de mezaninos nas áreas com pé-direito duplo. Também essas Faculdades “poderão se expandir nas áreas no subsolo que serão desocupadas, pelas atividades vinculadas a Ciências Humanas e pelo departamento de Ciências da Computação.” (ARANTES, 2013, p. 47).

Deve-se lembrar, ainda, que a uniformidade dos pórticos do ICC deveria contrastar com a diversidade de coberturas a serem apoiadas sobre eles, na altura e formato que se fizessem necessárias. Esse efeito foi previsto e expressamente recomendado por Niemeyer (1999, p. 36): “Essas variações de formas e coberturas – que a linha horizontal do edifício acentua – constituirão a principal característica da arquitetura: imprevista e dinâmica, como a própria ciência. ”

A produtividade acadêmica, em âmbito didático ou da pesquisa, vincula-se a produtos elaborados a partir dos problemas reais e vivenciados no cotidiano do seu *habitat*, e foi precisamente graças a esta visão que a Universidade pôde contribuir para a solução de problemas nos mais variados aspectos da organização social: é porque até recentemente tais soluções surgem a partir da liberdade de pesquisa e de uma visão de maior alcance sobre a natureza das relações entre a ciência, sociedade e desenvolvimento tecnológico que existe qualidade na contribuição da universidade à sociedade. Segundo Silva (2001, p. 299),

as universidades públicas que atingiram altos padrões de ensino e pesquisa foram aquelas que optaram pela valorização da dedicação exclusiva e pela pesquisa básica, mantendo um grau elevado de independência com relação às injunções imediatas do mercado, a partir de uma visão ampla da relação entre ensino e pesquisa, cuja indissociabilidade está no núcleo do ideário de excelência acadêmica.

Acreditamos que a independência nos processos de investigação e de debate garante o desenvolvimento da produção, da transmissão e da aplicação do conhecimento produzido. Guiando-se por esses princípios, em 2005 foi iniciada e conduzida a Avaliação Ambiental Integrada do Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília-ICC, realizada na ossatura, alas, faces e blocos do edifício que se mostrou e continua mostrando-se atemporal na sua execução e aproveitamento. Foi elaborado por um grupo de pesquisa

⁸ Alguns planos foram elaborados desde sua criação. O último plano decorreu de dois programas: o UnB XXI, estabelecido internamente, e o REUNI, através dos quais foi possível financiar seus projetos para definir novas ocupações e garantir habitabilidade e atualizar (ARANTES, 2013, p. 2).

que agrupou laboratórios, criou e desenvolveu métodos e técnicas para produzir, no prazo de 18 meses, um produto que permitisse a manutenção do espaço icônico por excelência, apto para atender as necessidades do momento para o Plano de Reordenamento físico do ICC (Plan UnB XXI e REUNI) e para quantos outros possam vir. O Plano tirou partido da desocupação do edifício para abrigar atividades da universidade pública, a coisa pública e o homem público, concebendo a universidade pública como o lugar, por excelência, para a discussão e a construção de valores. Por isso acreditamos ser pertinente a publicação na íntegra da avaliação realizada para que possa ser apreciada pelo seu caráter atemporal na resolução de problemas de adaptação ambiental.

Referências

- ALMEIDA, Jaime Gonçalves de. *Universidade de Brasília: ideia, diáspora e individuação*. Brasília: Editora UnB, 2017.
- ARANTES, Claudio O. *Instituto Central de Ciências: planos e projetos 1963/2013*. Brasília: Ceplan, 2013.
- ARNHEIM, Rudolf. *Arte e percepção visual: uma psicologia da visão criadora*. São Paulo: Pioneira, 2002.
- CAMPOS, João. Da ideia ao Traço do professor Niemeyer. *Revista Darcy*, n. 3, p. 56-61, nov. 2009.
- CASTOR, Ricardo Silveira. *Considerações sobre a dimensão estética da obra de Oscar Niemeyer: os casos da Praça Maior e do ICC da UnB*. 2004. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.
- KATINSKY, Júlio. *Brasília em três tempos: arquitetura de Oscar Niemeyer na Capital*. Rio de Janeiro: Revan, 1991.
- KOHLSDORF, Maria Elaine. *Considerações sobre o uso e ocupação do conjunto cultural da UnB*. Brasília: Ceplan, 2006.
- LEÃO, Naiara. Edifício infinito. *Revista Darcy*, n. 10, p. 21, abr-maio 2012.
- MAHFUZ, Edson. Reflexões sobre a construção da forma pertinente. *ARQUITEXTOS VITRUVIUS*, 045. 02, ano 04, fev. 2004.
- MAHFUZ, Edson. Lo clásico, lo poético, lo erótico. *ARQUITEXTOS VITRUVIUS*, São Paulo, año 11, n. 125.03, oct. 2010. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/11.125/3447>. Acesso em: 14 jul. 2021.
- NIEMEYER, Oscar. *Conversa de arquiteto*. 4. ed. Rio de Janeiro: Revan, 1999
- ORDOÑES, Jorge Villavisencio. *Copan – entre o côncavo e o convexo*. Edifício Copan entre o côncavo e o convexo, Lunes, 28 de junio de 2010. Disponível em: <http://jvillavisencio.blogspot.com/2010/06/copan-entre-o-concavo-e-o-convexo.html>. Acesso em: 14 jul. 2021.

PLANO ORIENTADOR DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. PDE. Brasília: Editora UnB, 1962.

RIBEIRO, Darcy. Carta a Anísio Teixeira. 28 mar. 1966. [S.L.]: Fundação Getúlio Vargas/CPDOC – Arquivo Anísio Teixeira – Atc 62.04.24/3.

RIBEIRO, Darcy. Papel e função da Universidade na luta pelo desenvolvimento. *Revista Módulo*, Rio de Janeiro, n. 32, p. 4, mar. 1963.

RIBEIRO, Darcy. *UnB: invenção e descaminho*. Rio de Janeiro: Avenir Editora, 1978. v. 3. (Coleção Depoimentos).

RIBEIRO, Darcy. *Universidade de Brasília*. Brasília: Editora UnB, 2011.

RIBEIRO, Darcy. *Universidade para quê?*. Brasília: Editora UnB, 1986. (Série UnB).

ROCHA, Jorge Alberto da Costa; DOS SANTOS, Aline Santana. Foucault e a educação: comprometimentos e ambiguidades. *APRENDER - Cad. de Filosofia e Psic. da Educação*, Vitória da Conquista-BA, Ano IX, n. 14, p. 89-111, 2015.

ROMERO, Marta Adriano Bustos. *Arquitetura do lugar: uma visão bioclimática da sustentabilidade em Brasília*. São Paulo: Nova Técnica, 2011.

ROMERO, Marta Adriano Bustos. *Arquitetura bioclimática do espaço público*. 4. reimp. Brasília: Editora UnB, 2015.

SALMERON, Roberto A. *A universidade interrompida: Brasília 1964-1965*. Brasília: Editora UnB, 2012. (Edição comemorativa).

SCHLEE, Andrey Rosenthal. Très brut. Nem tão vitrineira, nem tão tola.... *In: X Seminário Docomomo Brasil Arquitetura Moderna*. Curitiba. 15-18. Out. 2013

SCHLEE, Andrey Rosenthal. A Praça Maior da UnB. *In: 9º Seminário Docomomo Brasil interdisciplinaridade e experiências em documentação e preservação do patrimônio recente Brasília*, abril de 2011.

SCHLEE, Andrey Rosenthal. Um registro necessário. Brasília: UnB. Plano Orientador da Universidade de Brasília. Brasília: Ed. UnB, 1962. Ceplan –UnB, 2006.

SILVA, Ana Maria da. O colorido da natureza em meio ao concreto. *Correio Braziliense*, 22 maio 2021.

SILVA, Franklin Leopoldo e. Reflexões sobre o conceito e a função da universidade pública. *Estudos Avançados*, n. 15, v. 42, p. 295-304, 2001.

SOARES, Eduardo Oliviera; MEDEIROS, Ana Elizabete de Almeida. O teatro de Arena da Universidade de Brasília capturado na paisagem. *ARQUITEXTOS VITRUVIUS*, São Paulo, ano 20, mar. 2020.

SOUZA, Edison de. Diálogos com intelectuais da educação: Anísio Teixeira e Darcy Ribeiro. *In*: PEREIRA, Eva Waisrons; COUTINHO, Laura Maria; RODRIGUES, Maria Alexandra Militão (org.). *Anísio Teixeira e seu legado à educação do Distrito Federal: história e memória*. Brasília: Editora UnB, 2018. Capítulo 15. p. 321-342.

Apresentação

Este livro reúne instrumentos de avaliação ambiental integrada para edifícios complexos, tratando-os como objetos arquitetônicos que geram, com seu uso, contextos sociais, econômicos e ambientais diversos. A avaliação aborda as variáveis do projeto arquitetônico, tais como: implantação, orientação, materiais e componentes constituintes e suas relações com as condições climáticas locais. Considera algumas diretrizes quanto ao caráter do edifício e às características regionais. Sua aplicação limita-se à avaliação do edifício Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília (ICC subcategorias de desempenho a serem estudadas, tais como: conforto térmico, luminoso e acústico. Em um segundo momento, são relacionados os atributos espaciais com as condições de desempenho ambiental às quais são atribuídos valores de adequabilidade. Desta forma, são definidos indicadores do ambiente construído relacionados diretamente com resultados de desempenho ambiental, diferenciados conforme os diferentes usos, necessidades, condições climáticas locais e as características do projeto arquitetônico, dada sua grande diversidade mórfica. Finalmente, os indicadores são avaliados pelo enfoque da sustentabilidade e são estes que apoiam as diretrizes de adequação ambiental dos espaços típicos do ICC. Com um método sistematizado de levantamento, organização, análise e avaliação de dados, elaboramos diretrizes de adequação conforme as diferentes atividades, programas de necessidades e distintas ambiências do lugar.

O trabalho realizado teve diferentes etapas, que agrupamos da seguinte forma:

- *Planejamento*: levantamento, definição de espaços típicos, análise sensorial, avaliação e definição de indicadores de desempenho ambiental;
- *Verificação*: medições e simulações; elaboração de diagnóstico e a etapa final de:
- *Elaboração de diretrizes* de projeto para a adequação dos ambientes típicos.

O método de avaliação e de elaboração de diretrizes desenvolvido mostra-se adequado para aplicação em edificações singulares como objeto de estudo, tanto pelas características do edifício em si quanto pela necessidade de proporcionar respostas imediatas à administração que gerencia o uso e a ocupação do ICC. Assim, após a aplicação das etapas metodológicas de planejamento: – levantamento e diagnóstico; verificação: medições, simulações e elaboração de diagnósticos, na sequência apresentada –, espera-se ter informações suficientes para fundamentar as Diretrizes de Adequação Ambiental dos Espaços do ICC e passar para esta etapa de aplicação: elaboração de diretrizes de projeto.

Desde já se pode falar da inadequação dos ambientes expostos a uma excessiva carga térmica (pelas orientações desfavoráveis), escassa ventilação (especialmente os localizados no subsolo), ausência de luz natural ou ofuscamento e ambientes expostos a excessivos ruídos externos devido ao escasso isolamento, bem como a grandes reverberações e o conseqüente comprometimento da inteligibilidade e intensificação dos ruídos internos pelo escasso uso de materiais absorvedores do som.

Dado o fato de o ICC já fazer parte do imaginário da grande maioria da população do Distrito Federal (DF), seja porque acolheu a população como estudante, servidor, manifestante, em variadas décadas da vida da cidade, mereceria cuidados e atenções especiais. Contrariamente, o que se vê é a falta de cuidado, escassos detalhamentos arquitetônicos, insegurança e deterioração. Reações diversas ocorrem frente a essa situação, desde o gradeamento para conter a violência do lado de fora do edifício, até a demarcação de territorialidades internas. Tais fatos fazem do edifício um “território livre” para as mais variadas intervenções para a acomodação das unidades acadêmicas, finalidade para a qual foi criado; e também como não poderia deixar de ser, para as mais variadas manifestações culturais. Nesse sentido, urge uma adequação ambiental.

Sobre o edifício objeto da avaliação

O edifício ICC, de concepção arrojada e monumental, não teve uma ocupação planejada adequadamente que atendesse à velocidade e à dinâmica das transformações do conhecimento acadêmico e científico. Apresenta condições físico-ambientais bastante diversificadas, conforme seus três pavimentos – blocos, alas e orientações. As adaptações aos usos por que tem passado ao longo de seus mais de 60 anos de existência aumentaram ainda mais a diversidade de suas condições ambientais. Atualmente, seus usuários demonstram uma insatisfação geral em relação a essas condições, o que gerou a necessidade de um trabalho de readequação ambiental.

O primeiro plano urbanístico desenhado para a Universidade de Brasília (UnB) foi feito por Lucio Costa, com a proposta de oito institutos, além de 14 designações que organizavam os 267 hectares reservados entre a Asa Norte e o Lago Paranoá (QUEIROZ, 1990, p. 46). De 1962 a 1964, o arquiteto Oscar Niemeyer dirigiu o Centro de Planejamento Oscar Niemeyer (Ceplan), desenvolvendo os projetos do ICC (1963 – 71, com colaboração João da Gama Filgueiras Lima), dos edifícios de apoio e da Praça Maior da Universidade (não executado). Posteriormente, Niemeyer reestuda a volumetria das diversas áreas do *Campus*, sempre tomando o ICC como o edifício que deveria reger as possíveis composições do plano de ocupação da cidade universitária. Todos os períodos de evolução do *campus* têm afirmado o ICC como a “espinha dorsal” da Universidade, assim como local de vivência cultural e de encontros interdepartamentais, dividindo e ordenando os zoneamentos e o sistema viário do *campus* (QUEIROZ, 1990, p. 10).

Nos primeiros desenhos realizados, foram reunidos em um só edifício a Matemática, a Química, a Física e a Biologia – os primeiros departamentos a integrarem o ICC. Este edifício traduzia o espírito da Universidade na ocasião. Pela sua modulação físico-funcional que permite grande flexibilidade de uso, acabou por absorver a maioria das unidades acadêmicas, chegando-se até mesmo a utilizarem seus subsolos para o funcionamento de salas de aulas, adequados, na verdade, somente para depósitos e laboratórios de apoio (FUB, 1998, p. 81). Para a maioria das unidades acadêmicas, o ICC foi uma espécie de berçário que abrigou sua criação e constituição até a “migração” de algumas unidades acadêmicas para novos edifícios. Porém, essa espécie de espaço pivô poderá continuar desempenhando o papel de apoio multiutilitário para diferentes unidades acadêmicas.

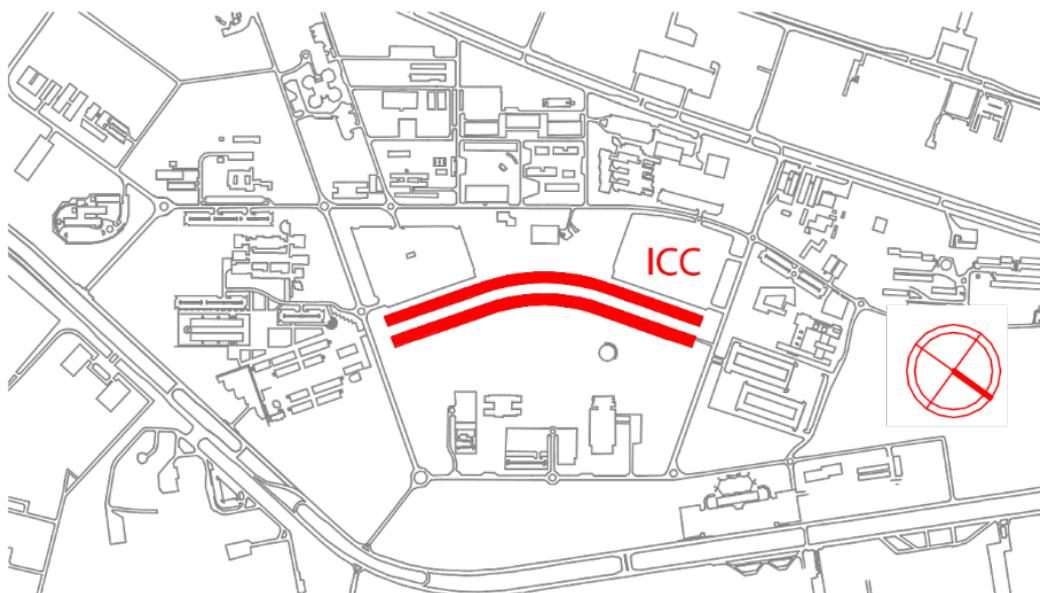
Quanto à forma do edifício

Fruto de uma concepção audaciosa, o edifício possui alguns espaços extremamente agradáveis, e apesar de suas dimensões imensas, surpreende pela discricção de sua presença na paisagem; na Figura 1, destacamos em vermelho o ICC na planta parcial do *Campus* da UnB. O edifício é compreendido como um grande bloco composto de duas alas paralelas, com pátio central em toda a extensão dos seus 720 metros. As duas alas são ligadas entre si por alamedas transversais e praças que entrecortam o jardim ao longo de todo o bloco central. Cada ala, de larguras diferentes, foi concebida para destinações distintas: a mais larga de 30 m, com parte em pé-direito duplo para laboratórios de pesquisa; e a mais estreita de 25 m, provida de anfiteatros e salas de aula de capacidade variável, servindo principalmente a atividades de ensino. O volume no sentido longitudinal é formado por dois blocos unidos por uma área originalmente proposta para abrigar laboratórios, a ser coberta por cúpulas de concreto que não foram construídas (BRAGA, 1997, p. 61). Os jardins internos e a arborização dos estacionamentos são de autoria dos arquitetos Miguel Pereira e Nelson Saraiva (ABRIL, 2000, p. 162). Foram previstos, no projeto inicial, ligações físicas pela cobertura das praças, equipamentos sobre o vazio central, passarelas nos *halls* do mezanino e um pergolado de proteção solar, mas que, no entanto, isso não foi realizado (QUEIROZ, 1990, p. 12).

As alas norte e sul compõem os segmentos retos do edifício, enquanto a parte intermediária é um trecho curvo que acompanha de maneira natural a topografia do sítio. A concordância entre os segmentos retos e curvos intermediários é marcada pelos *halls* centrais de distribuição e pelos grandes mezaninos que ligam as duas alas no primeiro nível do piso. Pelo projeto inicial, essas áreas seriam cobertas protegendo os mezaninos. Uma rua interna percorre o bloco em toda a extensão, sob a ala dos laboratórios. A área livre entre as alas também se destinava a laboratórios, cuja cobertura se apoia nas paredes longitudinais das mesmas: altura e forma solicitadas.

A fachada leste voltada para o Lago Paranoá é predominantemente envidraçada, ao contrário da fachada oeste, com aberturas mais reduzidas. Nas faces externas leste e oeste há brises verticais móveis em toda sua extensão.

Figura 1: Implantação do Instituto Central de Ciências (ICC/UnB)



Fonte: Ceplan (2005).

Técnica construtiva

A concepção modular do prédio, pela própria ossatura, facilita a condução das instalações a toda superfície construída, coerente com o conceito de flexibilidade para permitir as transformações necessárias em função da dinâmica dos programas de necessidades aos diversos institutos e faculdades (Niemeyer, 1976, citado em QUEIROZ, 1990, p. 80). A área construída é de 118.097,00 m² (incluindo 3.710 m² de áreas não aproveitáveis sob o auditório) assim distribuída: área útil: 65.808,00, circulação e jardins: 52.289,00. Estruturada com pilares pré-moldados, espaçados 3 m de eixo a eixo, com 20 cm de espessura; vigas do térreo e mezanino para permitir passagem das instalações, espessura média 18 cm no vão maior, vigas cobertura em perfil T, vencendo vão máximo de 30 m com 1,20 e peso 45 toneladas e lajes com módulo de 1 m pelo vão correspondente.

Segundo Queiroz (1990), não foram concluídos os elementos arquitetônicos necessários à integridade do edifício como um todo: abóbadas, lajes sobre os *halls* principais, brise-soleils, forros falsos acabamentos dos topos de paredes e fechamentos de pilares duplos em chapa metálica, revestimentos de paredes, exaustão da cobertura, revestimento da fachada oeste, necessária à proteção térmica e impermeabilização; assim como não foram concluídas as salas de professores nos subsolos, contradizendo a proposta original do projeto, que deveriam ser objeto de acabamentos específicos, contando com área suficiente,

esquadria interna e jardim contra o muro de arrimo devidamente convertido em painel artístico – por razão técnica construtiva além da conveniência ambiental – sendo fundamental preservar a ventilação cruzada natural (QUEIROZ, 1990, p. 81).

Alguns embasamentos

Pela similaridade de objeto de análise (edifício de *campus* universitário), foi analisado o trabalho de Russo (2004), que avalia as condições de conforto térmico e luminoso, através das estratégias de ventilação e iluminação natural nos estúdios da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU/USP) durante o verão de dezembro a janeiro de 2004. Realiza coleta e análise dos dados internos e externos, além de simulações por computador com o uso do *software* TAS. Com medições em um dos estúdios e no átrio central e dados climáticos externos (temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e radiação), foram feitas as simulações computacionais com o programa TAS para avaliar propostas de melhoria das condições de conforto. Os objetivos das medições foram: estabelecer a situação térmica, o efeito do calor radiante, avaliar os níveis de iluminação natural e estabelecer o percurso e velocidade do vento dentro do edifício.

Em estudo¹ sobre o ICC realizado por Romero e Clímaco (2001), foi verificado muito desconforto em salas de aulas atribuídas às definições dos projetos arquitetônicos e ao equacionamento equivocado de variáveis de projeto. Por exemplo, as condições de ventilação, mais especificamente das aberturas e/ou fechamentos (posição, dimensões, materiais, forma, etc.), a incidência da radiação solar direta, tanto pelas cargas térmicas que acarreta através da cobertura e dos vidros quanto pela iluminação natural, e pelas definições de orientação, com fachadas leste e oeste predominantemente.

A qualidade na construção civil está relacionada com os aspectos do produto ou serviço que satisfazem as necessidades do usuário, estando associado ao desempenho satisfatório dos ambientes e das Relações Ambiente & Comportamento (RAC). Assim, torna-se importante estabelecer indicadores de desempenho físico dos ambientes relacionados aos elementos e materiais da construção para prevenir ou consertar falhas na fase de elaboração e execução dos edifícios.

A Avaliação Pós-Ocupação (APO) consiste basicamente na avaliação do desempenho físico-ambiental e da satisfação do usuário. Os métodos e técnicas de APO aplicados à habitação social, desenvolvidos por Roméro e Ornstein (2003), diagnosticam fatores positivos e negativos no decorrer do uso a partir da análise de aspectos socioeconômicos, de infraestrutura, de satisfação dos usuários, dos sistemas construtivos, da funcionalidade, do consumo energético e conforto ambiental, e por fim, da relação entre custos e benefícios dos edifícios. Este livro, porém, desenvolve uma pesquisa teórico-prática, com aplicação

¹ Apresentado no *The 18th Conference on Passive and Low Energy Architecture* (PLEA) e Encontro Nacional de Conforto Ambiental Construído (ENCAC, 2001), considera recomendações de diretrizes construtivas os parâmetros de conforto, os limites de temperatura e de umidade relativa do ar compreendidos nas zonas de conforto.

de alguns conceitos e procedimentos metodológicos de Avaliação do Conforto Ambiental utilizados em método de APO.

A Avaliação do Conforto Ambiental engloba áreas com especificidades distintas que podem ser resumidas em Avaliação do Conforto Térmico, acústico e luminoso. Diretrizes de projeto e adequação dos espaços típicos do ICC foram baseadas num zoneamento bioclimático para Brasília, onde se aplicou uma série de Estratégias Bioclimáticas ou de Acondicionamento Ambiental Passivo, regidas pela integração dos aspectos climáticos, históricos e culturais (ROMERO, 2001, p. 28).

A Avaliação Ambiental e Diretrizes de Adequação dos Espaços Típicos do ICC foi contratada pelo Ceplan em 2005 e realizada e elaborada por um grupo de pesquisa que agrupou laboratórios, criou e desenvolveu métodos e técnicas. Contou com a seguinte equipe:

Coordenação geral:

- Marta Adriana Bustos Romero – Coordenadora do Projeto e Coordenadora do Grupo de Pesquisa a Sustentabilidade em Arquitetura e Urbanismo
- Liza Maria Souza de Andrade
- Rosana Clímaco – Coordenadora LACAM (Laboratório de Conforto Ambiental)

Medições e Simulações:

- Darja Kos Braga
- Juliana Saiter Garrocho
- Thais Borges Sanches Lima

Consultores:

- Conrado de Marco, Conforto Acústico
- Claudia Naves Amorim, Conforto Térmico e Luminoso

Estagiários:

- Aline França de Assis Magalhães
- Andiana Guerreiro Campanhoni Machado
- Gabriela Jimenes Almeida
- Julia Barone Morales
- Ludmila Santos de Andrade
- Patrícia Valls e Silva
- Paulo Vinícius Souza Avelar
- Renata Ramalho Villares Coelho

Etapa de planejamento

Método para avaliação de desempenho ambiental do Instituto Central de Ciências

Avaliação e definição de espaços típicos

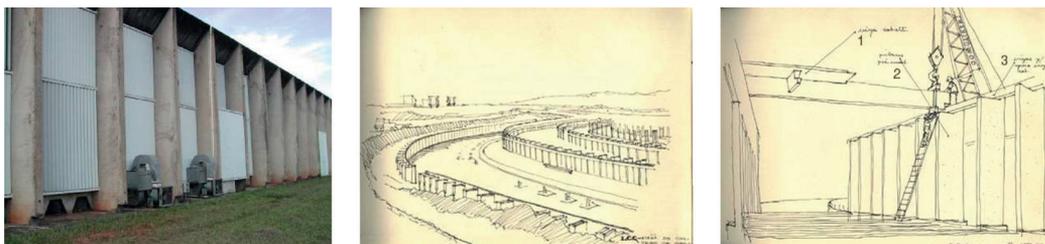
Tendo em vista a complexidade e as variáveis de ocupação do presente livro, o edifício do Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília (ICC/UnB), que abriga vários institutos e departamentos educacionais em constante remanejamento ao longo dos seus 40 anos de existência, optou-se por não aplicar questionários sobre a satisfação dos usuários em relação aos espaços estudados. Nesse sentido, a *ossatura* e a *pele*¹ do edifício foram priorizadas na avaliação pós-ocupação (ver Figura 2).

Elaborou-se um método específico para essa situação, iniciada com a definição dos espaços significativos do ICC, denominados de “espaços típicos”: salas de aula, de professor, de alunos de pós-graduação, laboratórios (aulas práticas), salas para administração (secretarias, sala de coordenadores e de reuniões), auditórios e banheiros. Por meio do levantamento de dados de plantas atualizadas, identificou-se a ocupação atual e estabeleceu-se um programa de avaliação dos espaços típicos de acordo com os planos de ocupação futura definidos pelo Ceplan.

Essa avaliação de desempenho ambiental das condições físico-ambientais do ICC levou em conta as diferentes características de seus três pavimentos, blocos e alas.

¹ A *ossatura* diz respeito à estrutura da edificação e a *pele*, também chamada de envoltura ou envolvente, segundo Romero (2001), é formada por um conjunto de barreiras e conectores energéticos (radiantes, de ar, ou térmicos) entre o exterior e o interior.

Figura 2: Foto e panorama geral da instalação dos pilares e das vigas transversais que formam os pórticos dos blocos do ICC (croqui de Oscar Kneipp, 1963)



Fonte: Ceplan (2005).

Levantamento e definição de indicadores de desempenho ambiental

O trabalho, na etapa de planejamento, levantamento, avaliação e definição de indicadores, foi dividido em duas fases. Na primeira fase foi feito um levantamento, por meio de quadros de avaliação tipo *checklist*, dos materiais envolventes dos componentes do edifício (considerando cada espaço típico selecionado) e uma apreciação sensorial do conforto térmico, acústico e luminoso do ambiente em questão. Os dois quadros, complementares, foram preenchidos simultaneamente, apesar de contemplarem dados muito diferentes (ver quadros 1 e 2).

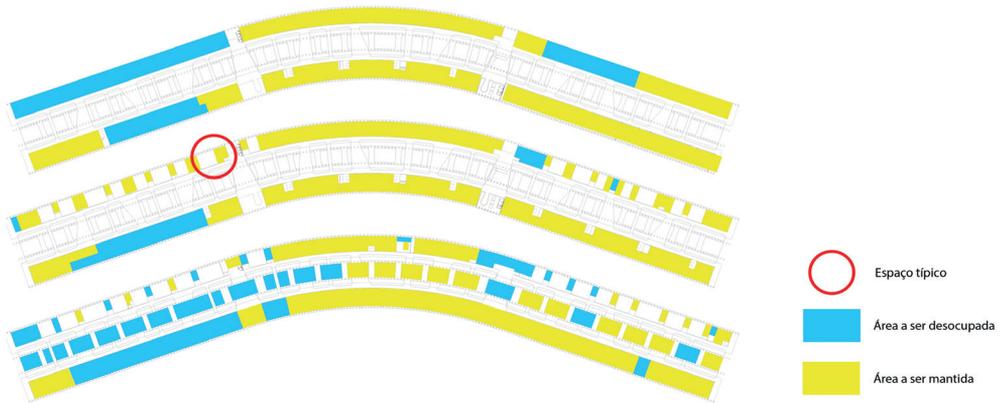
A partir dos dados levantados nos quadros citados, houve a necessidade de estabelecer indicadores de desempenho ambiental dos ambientes típicos do ICC, entendidos como uma maneira de relacionar as informações sobre o desempenho dos fenômenos estudados com os elementos da edificação. Para a construção de indicadores e índices, estes têm que ter certos atributos que respondam às diferentes dimensões de análise. Um bom indicador, em geral, deve conter os seguintes atributos: simplificação, quantificação, comunicação, validade e pertinência.

Ainda na etapa de planejamento, precisamente na segunda fase, para a elaboração dos indicadores ambientais estabeleceram-se parâmetros de pontuação que variavam entre 1 e 4, sendo o nível 4 os considerados de melhor desempenho. Foi lançada uma matriz de indicadores ambientais, nos quais os aspectos relevantes do desempenho ambiental da edificação foram relacionados com os elementos construtivos e componentes das envolventes do edifício (ver Quadro 3).

Para que a relação do indicador de desempenho ambiental obtivesse uma resposta mais direta com os elementos da edificação foi necessário considerar: positivo ou negativo (+, -) quando há relação direta e imediata positiva ou negativa no resultado do indicador, médio (O), quando interfere medianamente no resultado do indicador e neutro (), quando o componente não interfere naquele indicador de desempenho ambiental da edificação.

Além dos componentes e materiais identificados em cada ambiente, outro aspecto relevante na formação da matriz foi a orientação e a localização dos ambientes em relação ao ICC devido a sua morfologia diferenciada ao longo da implantação no terreno, percorrida anteriormente (ver Figura 3).

Figura 3: Plantas do Pavimento Térreo, Mezanino e Subsolo do ICC/UnB



Fonte: Ceplan (2005).

Quadro 1: Componentes e materiais

ambiente Típico: código:		VEDOS				COBERTURA					
				c/ material absorvente							
PAREDE EXTERNA () rua ()rua ss () circulação	Orientação: NSLO	Alvenaria revestida de cerâmica		c/ material absorvente		Laje aparente					
		Alvenaria c/ massa pintada		cor branca	outra cor		Laje pintada – cor branca				
		Frestas – h –		Aberturas – h –		Policarbonato					
		Protetores solares				Acrílico					
		Vidro	Liso	Aramado		pintado	Fixo		Fibrocimento		
		Divisórias	vidro	fibrocimento cor branca cor branco cor bege		aglomerado – laminado		Jardineira			
								Janelas pequenas - zenital			
		Caixilhos	metal preto	Alumínio	c/ bandeira	toda parede	correr		Revest. manta geotextil		
			outra cor		c/ veneziana	c/ grade	Basculante		Viga aparente		
		Porta	c/ visor	Guichê	dupla	madeira	laminado		Viga pintada		
Porta c/bandeira		Madeira		Vidro	Grade		Zinco				
Porta pivotante		Madeira		pintada	c/ manta						
FORRO											
PAREDE EXTERNA () rua ()rua ss () circul.	Orientação: N-S-L-O	Alvenaria revestida de cerâmica		c/ material absorvente		Sem forro					
		Alvenaria c/ massa pintada		cor branca	outra cor		PVC				
		Frestas – h –		Aberturas – h –		Pacote			branco	bege	
		Vidro	liso	Aramado		pintado	Fixo		Gesso		
		Divisórias	vidro	fibrocimento - cor branca cor branco cor bege		aglomerado – laminado		Eucatex laminado		branco	bege
		Caixilhos	metalpret	Alumínio	c/ bandeira	toda parede	correr		Dutos de passagem		
			outra cor		c/ veneziana	c/ grade	Basculante		Tela		
		Porta	c/visor	Guichê	dupla	madeira	laminado		Compensado pint. branco		
		Porta c/bandeira		Madeira		Vidro	Grade				
Porta pivotante		Madeira		pintada	c/manta						
PISO											
PAREDE INTERNA	Orientação: N-S-L-O	Alvenaria revestida de cerâmica		c/ material absorvente		Granito					
		Alvenaria c/ massa pintada		cor branca	outra cor		Paviflex			cinza	bege
		Frestas – h –		Aberturas – h –		Cerâmica					
		Vidro	liso	aramado		pintado	Fixo		Carpete		
		Divisórias	vidro	fibrocimento cor branca		aglomerado – laminado		Marmorite cinza			
								cor branco			cor bege
		Caixilhos	metal preto	alumínio	c/ bandeira	toda parede	correr				
			outra cor		c/ veneziana	c/grade	Basculante				
		Porta	c/ visor	guichê	dupla	madeira	laminado				
		Porta c/bandeira		madeira		Vidro	Grade				
Porta pivotante		madeira		pintada	c/ manta						

ambiente Típico: código:	VEDOS						COBERTURA			
	PAREDE INTERNA	Orientação: N-S-L-O	Alvenaria revestida de cerâmica			c/ material absorvente			EQUIPAMENTOS	
Alvenaria c/ massa pintada			cor branca	outra cor		Tubos ensaio				
Frestas – h –			Aberturas – h –			Ar-condicionado				
Vidro			liso	aramado	pintado	Fixo	Computadores			
Divisórias			vidro	fibrocimento cor branca cor branco cor bege	aglomerado – laminado		Ventilador			
Caixilhos			metalpret	alumínio	c/bandeira	toda parede	correr	Telefone		
			outra cor		c/ veneziana	c/ grade	Basculante	Fax		
Porta			c/ visor	guichê	dupla	madeira	laminado	Caixas de experimentos		
Porta c/bandeira				madeira		Vidro	Grade	Skiners de condicionam.		
Porta pivotante				madeira		pintada	c/ manta			
PAREDE INTERNA	Orientação: N-S-L-O	Alvenaria revestida de cerâmica			c/ material absorvente			MOBILIÁRIO		
		Alvenaria c/ massa pintada		cor branca	outra cor		Bancos Bancada			
		Frestas – h –		Aberturas – h –			Mesa			
		Vidro	liso	aramado	pintado	Fixo	Estante	ma-deira	metal	
		Divisórias	vidro	Fibrocimento – cor branca cor branco cor bege	aglomerado – laminado		Arquivo	ma-deira	metal	
		Caixilhos	metalpreto	alumínio	c/bandeira	toda parede	correr	Lavatório		
			outra cor		c/ venez.	c/ grade	Bascul. e	Espelho		
		Porta	c/ visor	guichê	dupla	madeira	laminado	Sofá		
		Porta c/bandeira		madeira		Vidro	Grade			
		Porta pivotante		madeira		pintada	C/ manta			

Fonte: Ceplan (2005).

Quadro 2: Análise sensorial do conforto ambiental

Conforto térmico	Conforto luminoso *A**N	Conforto sonoro
penetração direta plano de trabalho	transparente	alta (sala viva)
ganhos de calor equipamentos	translúcida	medianamente viva
ganhos de calor por vedações verticais	não existe	média
ganhos de calor pela cobertura	agradável	medianamente surda
ganhos de calor por ocupação	desagradável	baixa (sala surda)
inércia térmica	desejável	prejuízo da inteligibilidade
boa inércia térmica	indesejável	prejuízo do conforto
	toda a face	esforço na fala
	muito pequena	
*A – relativo à luz artificial ** N – relativo à luz natural		

Fonte: Ceplan (2005).



Etapa de verificação

Breve caracterização do clima de Brasília e recomendações de projeto

A cidade de Brasília, construída na década de 1960 para ser a Capital do Brasil, está localizada à 15° 52' de latitude sul, apresentando altitude média de 1.100 metros. Seu clima pode ser classificado como Tropical de Altitude. A classificação de Köppen identifica duas estações distintas: quente-úmida (outubro a abril) e seca (maio a setembro).

As amplitudes diárias podem alcançar valores consideráveis, principalmente na época seca. No período quente-úmido as amplitudes variam entre 9,1K em dezembro e 11,4K em outubro. No período seco as oscilações médias são maiores, em julho (14,9K) e menores em maio (12,5K).

A análise dos valores registrados nas Normais Climatológicas para o período compreendido entre 1961 e 1990 (ROMERO, 2001, p. 129) mostram que a umidade relativa do ar média é de 67%. O mês mais seco é agosto, com 49%. A umidade relativa mínima absoluta registrada é de 8%, no mês de setembro (Tabela 1).

Tabela 1: Normais climatológicas (1961-1990) INMET, Brasília-DF

Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jan.	885.9	21.6	26.9	17.4	241.4	105.5	76.0	157.4	7.0	NW 2.8
Fev.	885.4	21.8	26.7	17.4	214.7	102.8	77.0	157.5	7.0	C-NE 2.6
Mar.	885.6	22.0	27.1	17.5	188.9	108.6	76.0	180.9	7.0	E 2.3
Abr.	886.4	21.4	26.6	16.8	123.8	107.4	75.0	201.1	6.0	E 2.4
Mai	887.6	20.2	25.7	15.0	39.3	128.6	68.0	243.3	5.0	E 2.4
Jun.	889.0	19.1	25.2	13.3	8.8	149.2	61.0	253.4	3.0	E 2.7
Jul.	889.2	19.1	25.1	12.9	11.8	182.1	56.0	265.3	3.0	E 2.9
Ago.	888.2	21.2	27.3	14.6	12.8	236.6	49.0	262.9	3.0	E 3.0
Set.	887.2	22.5	28.3	16.0	51.9	227.7	53.0	203.2	4.0	E 2.9
Out.	885.8	22.1	27.5	17.4	172.1	153.7	66.0	168.2	7.0	C-NE 2.6
Nov.	884.8	21.7	26.6	17.5	238.0	107.7	75.0	142.5	8.0	C-NW 2.6
Dez.	884.8	21.5	26.2	17.5	248.6	96.8	79.0	138.5	8.0	NW 2.7
Médias Anuais	886.6	21.2	26.6	16.1	1552	1692	67.0	2364	6.0	E 2.7

Fonte: Romero (2001, p. 129).

1.- Pressão Atmosférica (hPa), 2 - Temperatura Média, 3.- Temperatura Máxima, 4.- Temperatura Mínima (°C), 5.- Precipitação Total (mm), 6.- Evaporação Total (mm), 7.- Umidade Relativa (%), 8.- Insolação Total (Hora e Décimos), 9.- Nebulosidade (0-10), *10.- Direção do vento e Velocidade Média (m/s) de janeiro a dezembro.

A precipitação total média está em torno de 1.552 mm. Mais de 70% das chuvas acontecem de novembro a março, sendo dezembro o mês mais chuvoso com cerca de 248mm.

A insolação anual média soma aproximadamente 2.364 horas. A radiação direta é muito forte no inverno, período seco, e a difusa, é intensa no verão e menor no inverno.

Os ventos predominantes são leste e sudeste na maior parte do ano, e noroeste nos meses mais chuvosos. Durante todo ano predominam as velocidades dos ventos de 2 a 3 m/s e de maneira secundária as velocidades de 3 a 4 m/s.

Em estudo posterior, Maciel (2002, p. 56) analisa o período compreendido entre 1982 e 1997 e mostra que a umidade relativa do ar média é de 70%. O mês mais seco é agosto, com 56%. A umidade relativa mínima absoluta registrada é de 8%, no mês de setembro.

A precipitação total média está em torno de 1.500 mm. Mais de 70% das chuvas acontecem de novembro a março, sendo dezembro o mês mais chuvoso, com cerca de 250 mm.

A insolação anual média soma aproximadamente 2.400 horas. A radiação direta é muito forte no inverno, período seco, e a difusa é intensa no verão e menor no inverno.

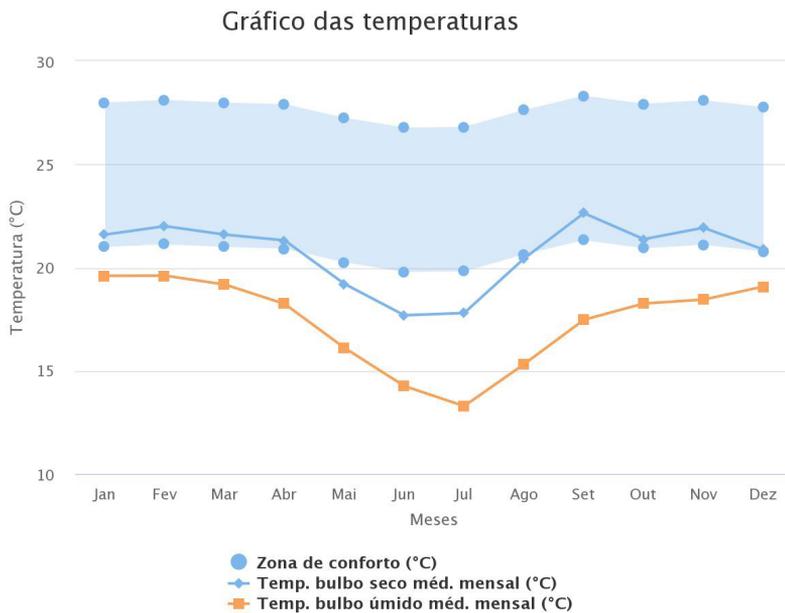
Os ventos predominantes são leste e sudeste na maior parte do ano, e noroeste nos meses mais chuvosos. Durante todo ano predominam as velocidades dos ventos de 2 a 3 m/s, e de maneira secundária as velocidades de 3 a 4 m/s.

A temperatura do ar média é de 21,6°C. As médias diárias são relativamente baixas, variando entre 14,6 °C, no mês de julho, e 21,1°C, no mês de outubro, caracterizando, dessa forma, um predomínio de temperaturas amenas. Outubro é o mês mais quente, com médias das médias por volta de 20 °C, e em setembro a média das máximas é de 29,2 °C.

Outubro pode ser considerado o mês mais desfavorável em conforto térmico, pois, além das altas temperaturas, a umidade relativa é muito baixa. Porém, as temperaturas acima de 30 °C representam menos de 3% mensais durante o ano, e apenas nos meses de setembro e outubro, que ficam entre 5 e 6% mensais.

No Gráfico 1, são apresentados os valores médios de temperatura e umidade relativa do período de 1982 a 1997. A linha azul-escuro mostra os valores médios das temperaturas máximas, a linha roxa se refere às temperaturas médias das médias e a azul-clara aos valores médios das temperaturas mínimas. A umidade relativa é apresentada com colunas azul-claras.

Gráfico 1: Médias das temperaturas de bulbo seco (TBS) e da umidade relativa (UR) de Brasília (1982-1997)



Fonte: Maciel (2002, p. 56).

Avaliação bioclimática e diretrizes construtivas para o clima de Brasília

A arquitetura bioclimática se baseia na correta aplicação dos elementos arquitetônicos com o objetivo de fornecer ao ambiente construído um alto grau de conforto higrotérmico com baixo consumo de energia.

O corpo humano produz continuamente calor no organismo como subproduto do metabolismo. Esse calor é dissipado continuamente para o ambiente. Quando a velocidade de produção de calor é exatamente igual à velocidade de perda, diz-se que a pessoa está em equilíbrio térmico. Para que essa troca de calor se dê da maneira mais eficiente possível, ou seja, sem que haja um esforço extra do organismo, existe o que se chama de Zona de Conforto. É definida por um intervalo nos valores de umidade e temperatura, mas que pode variar, dependendo de outros fatores, como a velocidade do vento.

Alguns métodos para projetos bioclimáticos aplicados à edificação utilizam cartas bioclimáticas, que associam informações sobre a Zona de Conforto Térmico, clima local e as estratégias de projeto indicadas para cada período do ano. As estratégias podem ser classificadas em naturais (sistemas passivos) e artificiais (sistemas ativos). As naturais são as que não gastam energia para seu funcionamento: ventilação natural, resfriamento evaporativo, massa térmica (que aumenta inércia térmica da construção), aquecimento solar passivo, etc. Os sistemas artificiais de uso mais comum na arquitetura são ventilação mecânica, aquecimento e refrigeração. No caso de Brasília, as estratégias são todas passivas,

o que significa que o projeto arquitetônico pode resolver adequadamente as condições de conforto sem dispêndio maior de energia.

A norma brasileira, NBR 15220 Desempenho Térmico de Edificações, Parte 3, propõe um zoneamento bioclimático para o Brasil; contém nove zonas; cada zona bioclimática apresenta diferentes características que vai localizá-la em diferentes partes da carta bioclimática onde se relacionam temperatura e umidade do ar. Além da zona de conforto há outras zonas para as quais são indicadas estratégias para melhorar a sensação térmica. Essas recomendações baseiam-se nas cartas bioclimáticas de B. Givoni (1994), e foram adaptadas para os climas brasileiros. São elas: aquecimento artificial (calefação), aquecimento solar, massa térmica para aquecimento, desumidificação, resfriamento evaporativo, massa térmica para resfriamento, ventilação, refrigeração artificial e umidificação do ar.

O clima de Brasília está classificado como Zona Bioclimática 4; e na Tabela 2 a seguir, apresentam-se dados sobre conforto e desconforto térmico na cidade da Brasília, obtidos com ajuda da carta bioclimática apresentada anteriormente. Observa-se que as condições se mantêm durante 41% das horas do ano, em limites considerados confortáveis. O percentual de desconforto térmico por frio é de 36%, 14% superior ao desconforto por calor. São considerados como desconforto por frio os intervalos com temperaturas abaixo dos 18 °C.

Tabela 2: Estratégias bioclimáticas para a cidade de Brasília

Confort	Desconforto	Estratégias bioclimáticas [%]	
41,2%	Frio 36,6 %	Massa térmica para aquecimento	31,3
		Aquecimento solar passivo	4,37
	Calor 22,2 %	Ventilação	21,2
		Resfriamento evaporativo	8,38
		Massa térmica para resfriamento	8,29

Obs.: O percentual de desconforto por calor ou frio não corresponde à soma das estratégias indicadas, pois os percentuais dessas estratégias também consideram as zonas sobrepostas.

Fonte: Adaptado de Maciel (2002, p. 74).

Portanto, para Brasília são recomendadas as seguintes estratégias:

1. Aberturas para ventilação de tamanhos médios com sombreamento;
2. Vedações externas, cobertura leve e isolada e paredes pesadas;
3. No verão, resfriamento evaporativo, massa térmica para resfriamento e ventilação seletiva;
4. No inverno, aquecimento solar e vedações internas pesadas (inércia térmica).

Medições

Os ambientes selecionados para a análise obedeceram à ordem de desocupação que ocorrerá no ICC, prevalecendo, num primeiro momento, os ambientes que ora são ocupados pelo Centro de Seleção e de Promoção de Eventos (Cespe/UnB), Instituto de Química (IQ) e de Biologia (IB) (Figura 4).

Escolheu-se como piloto para medições e simulações um primeiro ambiente típico: um anfiteatro localizado no térreo na Ala Sul. A partir do teste dos procedimentos de medições neste ambiente piloto, foram definidas as adaptações dos mesmos para aplicação nos demais espaços típicos, com as instruções para o manejo dos instrumentos de medições. Seus resultados estão compilados no Anexo A.

Para as simulações foram utilizados os programas computacionais ECOTECT, REVERB, RELUX e RAYFRONT e seus resultados estão compilados no Anexo B. A seguir, apresentam-se os métodos adotados na fase de medições:

Medição de Conforto Térmico

Com relação ao conforto térmico, aplica-se a norma do Ministério do Trabalho, NR17/1990 – Ergonomia item 17.5 –, que trata das condições de conforto aplicado a ambientes de trabalho dependendo do tipo de atividade executada. Para as atividades que exijam solicitação intelectual e atenções constantes, como salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros –, lembramos que são recomendadas as seguintes condições de conforto: a) níveis de ruído de acordo com o estabelecido na NBR 10152; b) índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C; c) velocidade do ar não superior a 0,75m/s; e d) umidade relativa do ar não inferior a 40%.

As medições de temperatura e umidade do ar, interna e externa, foram realizadas simultaneamente durante três dias: pela manhã, à tarde e à noite, devido às variações existentes. Para a medição da temperatura superficial, foram utilizados pirômetros a laser, em graus Celsius, em dia claro e outro nublado, para valores do teto, piso, vedações laterais e palco. Ainda para medir a temperatura do ar, no centro dos recintos e a 1,20 m do piso, foram seguidas as especificações de equipamentos e montagem dos sensores, apresentadas na norma ISO 7726 e na norma da ABNT – NBR 15 220-3.

Medição de Conforto Luminoso – iluminação natural e artificial

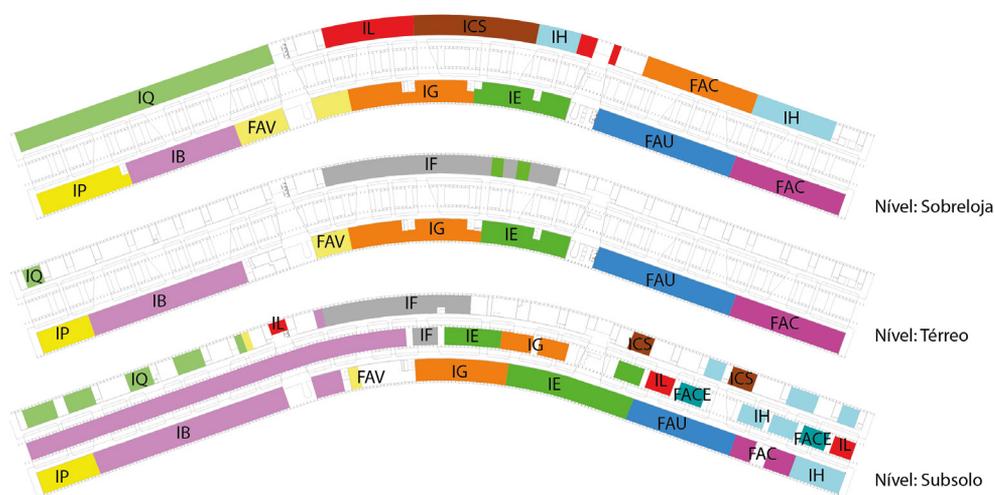
Para as primeiras verificações foi utilizado luxímetro digital acompanhado de croqui com o posicionamento das luminárias e dos pontos de medição. O aparelho deve ser posicionado conforme instruções, sob temperatura ambiental entre 15°C e 50°C, instalado em um plano horizontal, a uma distância de 80 cm do piso, Norma ABNT: NBR 5382.

Para as segundas verificações, luminância existente em pontos pré-definidos, foram realizadas medições com luminancímetros – medidas em cd/m^2 – em vários pontos da plateia e do palco a uma altura de 1,20 m do piso, especialmente em pontos onde se percebe níveis mais baixos, para posterior comparação com o nível médio encontrado na medição anterior, tendo como referência a norma da ABNT- NBR 5413.

Medição de Conforto Sonoro

Para as medições dos ruídos de fundo e do isolamento foi utilizado o decibelímetro, com leitura em dBA/fast .

Figura 4: Unidades Acadêmicas do ICC



Fonte: Ceplan (2005).

Análise de resultados

A análise da avaliação sensorial indica alguns pontos relevantes sobre as condições de conforto térmico, acústico e luminoso do ICC que foram utilizados como ponto de partida para o restante do trabalho.

No ICC encontram-se alguns tipos de vedações verticais externas e internas que podem ser classificadas em dois padrões: as originais e as mais novas que estão sendo utilizadas nas constantes reformas e modificações que atingem seus espaços. Dentre os originais encontrados estão o concreto, a alvenaria de tijolos com revestimento de argamassa ou de cerâmica; os caixilhos de correr com vidros comuns nas fachadas externas e caixilhos com painéis de vidros aramados, fixos com basculantes metálicos, nas fachadas externas voltadas para os jardins internos.

Figura 5: Sala de aula no pavt.º térreo face BT-552 e Sala IB AT 124-7 (abril, 2005)



Figura 6: Sala de aula no pavt.º térreo face BT-552 e Sala IB AT 124-7 (abril, 2005)



Fonte: Ceplan (2005).

Para divisórias internas, especialmente no térreo e no mezanino, foram utilizados painéis de placas de fibrocimento montadas em perfis metálicos. As junções destas placas às vigas e lajes de cobertura, assim como aos caixilhos e portas, apresentam muitas frestas. As divisórias utilizadas recentemente, em geral, são compostas de placas de compensado, com revestimento melamínico e parte em vidros.

Figura 7: Sala no mezanino A1 144-6 e Sala no subsolo CSS 654 37 (abril, 2005)



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 8: Sala no mezanino A1 144-6 e Sala no subsolo CSS 654 37 (abril, 2005)



Fonte: Ceplan (2005).

Quanto às portas, há uma grande variação de tipos acompanhando ou não os padrões originais. As mais comuns originais são as de madeira em folhas simples de compensado sobre sarrafos de madeira, oca internamente. Há também muitas portas duplas constituídas do mesmo padrão que o das simples. Atualmente encontram-se também muitas portas que acompanham o padrão das divisórias, com parte em vidro e parte em compensado revestido.

Conforme levantamento sensorial em espaços típicos do ICC, uma reclamação da grande maioria dos seus usuários é relativa à falta de isolamento entre os ambientes, o que interfere na falta de privacidade, na dificuldade de concentração, especialmente quando o ruído percebido é inteligível.

Figura 9: Sala no mezanino IB A1 144-6 e Sala de professor na face B1 543-62 (abril, 2005)



Fonte: Ceplan (2005)

Figura 10: Sala no mezanino IB A1 144-6 e Sala de professor na face B1 543-62 (abril, 2005)



Fonte: Ceplan (2005)

Conforto Térmico

O principal motivo de desconforto térmico são as altas temperaturas e umidade, em alguns casos, evidenciado por problemas como mofo e bolor. A ventilação é escassa, contribuindo para a sensação de calor. Há bastante variação do desempenho térmico do edifício, de acordo com a localização em relação ao solo (térreo, mezanino ou subsolo) e também conforme a ocupação. No subsolo houve bastante variação, havendo ambientes agradáveis e outros quentes, bem como problemas com umidade. No térreo, a sensação térmica quase sempre é de calor, com pouca ventilação e umidade adequada. No mezanino, há bastante variação, e muitos dos ambientes analisados estavam com o ar-condicionado ligados. No entanto, encontra-se certo desconforto por calor em determinadas horas do dia, dependendo da insolação.

Conforto Luminoso

Iluminação natural

Condições bastante ruins com alta iluminância em alguns casos, extremamente baixas em outros, insuficientes para as tarefas visuais de leitura e escrita (figuras 11 e 12).

Penetração de radiação direta em alguns ambientes, aumentando as iluminâncias em pontos específicos e penalizando a uniformidade.

Numerosas ocorrências de ofuscamento, pela visão da abóbada celeste através das aberturas. Ofuscamento também por radiação direta no piso.

Iluminação artificial

Iluminâncias excessivas em muitos locais e má distribuição da luz, assim como presença de ofuscamento pela visão de lâmpadas e/ou reflexos das mesmas no piso ou na parede (figuras 17 e 18).

De maneira geral, é difícil estabelecer um quadro sintético das situações analisadas; os vários ambientes pesquisados possuem situações de uso e ocupação muito diferenciados, tornando difícil a análise do edifício como um todo. No entanto, pode-se evidenciar que os problemas são causados pela entrada excessiva de radiação solar não controlada em determinados períodos, pela falta de ventilação adequada, pelos ganhos de calor dos equipamentos e ocupação, bem como a iluminação artificial (excessiva em certos casos) e a ausência de iluminação natural, principalmente nos subsolos e em outros ambientes localizados no centro do edifício, com fachadas cegas.

Figura 11: Sala de professor no pavimento mezanino, face B1 543/62 (Programa Relux)



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 12: Sala de professor no pavimento mezanino, face B1 543/62 (Programa Relux)



Figura 13: Laboratórios no mezanino, IQ B1-120, simulação de iluminação natural e artificial (Programa Relux)



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 14: Laboratórios no mezanino, IQ B1-120, simulação de iluminação natural e artificial (Programa Relux)



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 15: Laboratório no subsolo IB CSS 121-40, simulação de iluminação natural e artificial (Programa Relux)



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 16: Laboratório no subsolo IB CSS 121-40, simulação de iluminação natural e artificial (Programa Relux)



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 17: Simulação de iluminação artificial, pavt.º subsolo – CESPE (Programa Relux)



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 18: Simulação de iluminação artificial, pavt.º subsolo – CESPE (Programa Relux)



Fonte: Ceplan (2015).

Análise das medições in loco

Conforto térmico

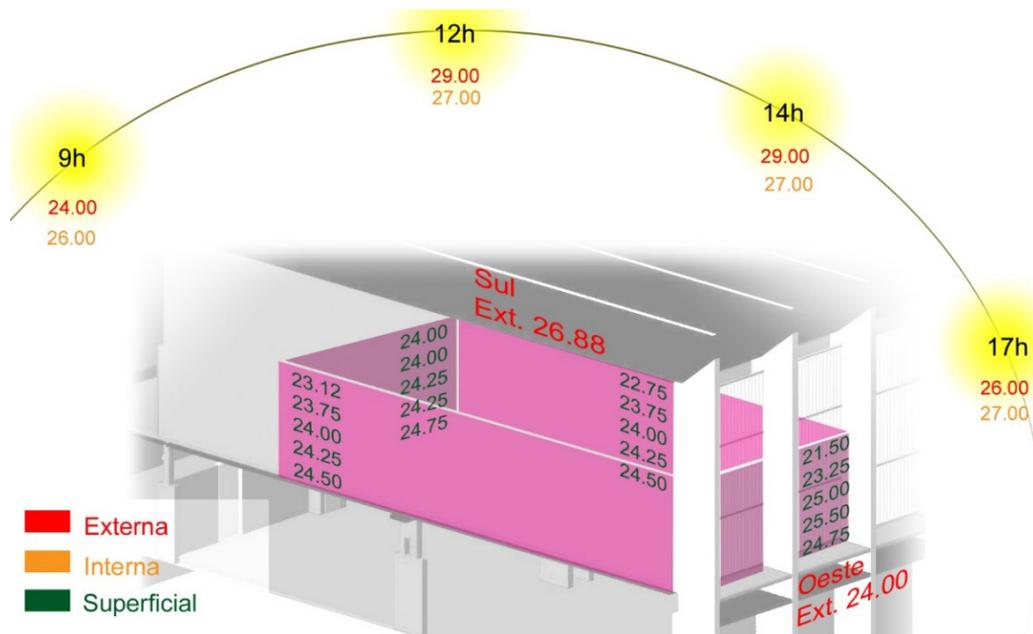
A maioria das ocorrências das maiores temperaturas (acima de 29 °C) acontece no mezanino (somente um dos ambientes analisados não apresentou a ocorrência de uma temperatura acima de 29 °C), evidenciando a provável fragilidade térmica da cobertura; de fato, esta não possui isolamento térmico, o que seria extremamente recomendável para o clima de Brasília, com alta incidência de radiação solar na cobertura.

Em segundo lugar, comparece o subsolo, o que não se esperava, pois a inércia térmica auxilia na manutenção de temperaturas mais constantes; os ambientes onde ocorrem as temperaturas mais altas são localizados no centro dos blocos, sem ventilação natural nenhuma (fachadas cegas). Nos outros ambientes, com fachadas para as áreas internas, as temperaturas estão nos limites de conforto.

As medições não evidenciam situações graves, e as temperaturas do ar encontram-se quase sempre dentro dos limites de conforto (18 a 29 °C), como também a umidade interna. Além disso, as temperaturas superficiais não são extremamente altas. Deve-se levar em conta, no entanto, que as medições foram efetuadas em ambientes sem ocupação, o que leva a uma situação irreal em alguns casos; em muitos ambientes, a carga térmica interna é muito maior quando plenamente utilizada (salas de aula, laboratórios de informática).

De forma geral, os espaços voltados para faces externas têm problemas com a radiação excessiva; os espaços localizados nas faces que dão para o jardim interno amenizam este problema, mas a ventilação fica prejudicada.

Figura 19: Esquema de comportamento térmico das vedações de espaço típico do ICC



Fonte: Ceplan (2005).

Análise parcial da simulação computacional térmica

Nas simulações efetuadas com o programa ECOTECH, nos ambientes localizados no subsolo nos dias 13/04, 21/09 e 22/12 de 2005, pode-se concluir que a análise das temperaturas do ar e média radiante indica alguns ambientes com altas temperaturas (acima de 29°C), devido, principalmente, aos ganhos de calor por equipamentos e ocupação. Na maioria dos ambientes não há penetração de luz solar direta, mas onde isto acontece também há grande influência nas temperaturas internas.

Pode-se dizer que, de modo geral, as temperaturas internas têm um andamento bastante constante, mais do que o andamento das temperaturas externas. Isto se deve à inércia térmica do solo e em alguns locais, e também ao isolamento da cobertura feito por uma camada de 60 cm de terra. No entanto, quando os ganhos internos superam os 60 Wh/m², estes prevalecem sobre a inércia, causando um aumento excessivo das temperaturas. Isto também ocorre nos horários em que há penetração de radiação direta por superfícies envidraçadas; neste caso, a inércia térmica tem pouca influência. Os dois ambientes com maiores temperaturas do ar e média radiante são os que têm ganhos internos de 150 Wh/m².

Isto, de certa forma, confirma os dados levantados pela avaliação sensorial, que indicava ambientes com altas temperaturas, apesar de não completamente ocupados. No entanto, deve-se lembrar a importância da atuação da inércia térmica do solo, que apesar de não resolver completamente o problema, ajuda a amenizá-lo.

Conforto luminoso

Baixa uniformidade da luz natural (U_o), principalmente nos ambientes que desfrutam a iluminação natural, localizados no térreo e mezanino;

Nestes mesmos ambientes, há incidência excessiva de radiação direta (acima de 2.000 *luxes*) e alguns pontos com iluminâncias abaixo de 100 *luxes*, o que comprova a má distribuição da luz natural; no caso, a incidência de radiação direta irá provocar aumento de temperatura e problemas de conforto visual, como ofuscamento e reflexos.

Quanto à iluminação artificial, apresenta-se insuficiente em alguns casos (média abaixo de 300 lux) e excessiva em outros; também não há nenhuma relação entre o projeto de iluminação artificial e o comportamento da luz natural, o que seria desejável para se atingir a eficiência energética.

Análise da incidência de radiação solar no Instituto Central de Ciência

As fachadas com maior quantidade de radiação solar, considerando os totais anuais, são, por ordem de grandeza: Nordeste (Alas Sul e Norte), Noroeste (Alas Sul e Norte) e Sudoeste (Ala Norte). A fachada Sudeste é a que menor quantidade de radiação recebe.

No geral, a Ala Norte recebe mais radiação solar, considerando o ano todo, quase sempre na parte da tarde.

No verão, as fachadas da Ala Norte recebem mais radiação, mas as empenas da Ala Sul também. No inverno, há muita radiação nas empenas da Ala Norte, o que pode ser desejável até certo ponto.

A incidência de radiação na cobertura é sempre maior do que em todas as fachadas, mostrando a importância de um tratamento térmico adequado na mesma.

As proteções solares existentes protegem de maneira eficaz somente na Ala Sul (considerando os *brises* verticais nas fachadas). Na Ala Norte, os *brises* devem estar fechados para oferecer alguma proteção.

Sugere-se manter os *brises*, colocados na posição perpendicular, e trabalhar com maior opacidade na fachada por trás deles, seguindo as recomendações sobre percentual de aberturas na fachada (WWR).

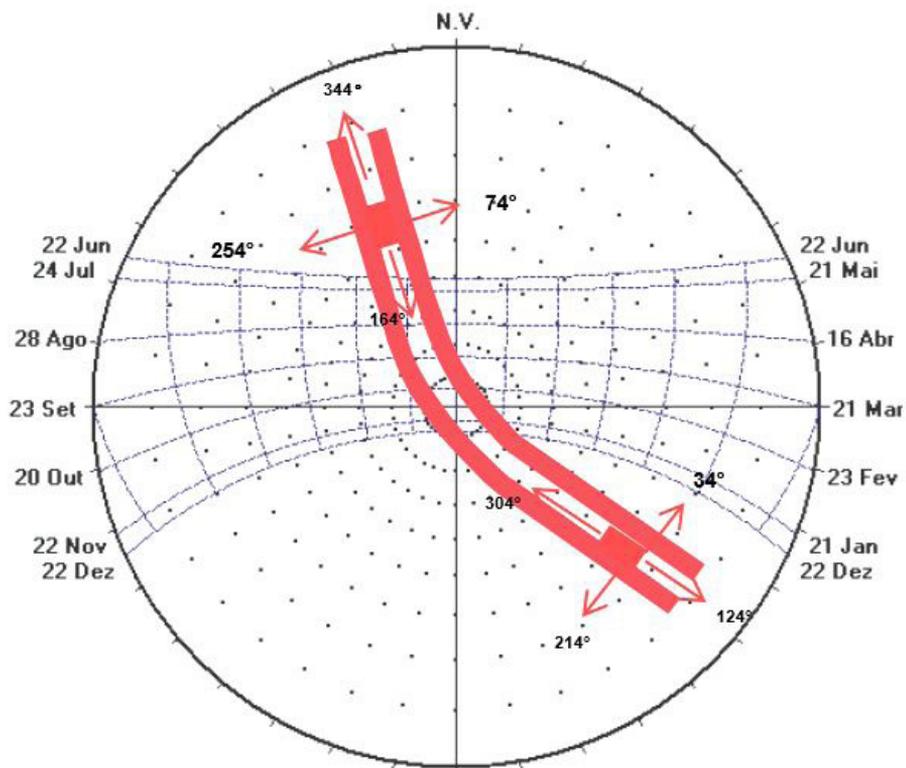
Estudos de Ghisi e Tinker (2001) recomendam para edifícios de escritórios na latitude de Brasília maiores aberturas para Sul, seguido de Leste e Norte; menores aberturas para Oeste.

No Quadro 5, a seguir, resume-se as piores condições de conforto térmico e luminoso encontradas nos dias de medições *in loco*. Em se tratando de uma síntese, o objetivo desse quadro é exatamente evidenciar se há situações muito fora dos limites das normas e recomendações indicadas, e em que locais elas ocorrem.

Análise da exposição solar das faces do Instituto Central de Ciência

Para realizar esta análise efetuou-se a elaboração das cartas ou diagramas solares. Isto se dá através da projeção do percurso do sol, ao longo do ano, e nas diversas horas do dia, num plano horizontal como ilustram as figuras 20 a 32.

Figura 20: Esquema de comportamento térmico das vedações de espaço típico do ICC



Quadro 4: Valores de ruídos de fundo

AMBIENTES AVALIADOS (Conforto térmico e luminoso) – piores condições encontradas																												
SUBSOLO	CSS 657/38 SALA DE AULA (FEsul) nat+art							CSS 654/37 SALA DE AULA (FE Norte) art							CSS 546/33 SALA PROF (cega) art													
	Tar	UR	TMR	E max	E min	Em	Uo	Lmax/ Lmin	L max	Tar	UR	TMR	E max	E min	Em	Uo	Lmax/ Lmin	L max	Tar	UR	TMR	E max	E min	Em	Uo	Lmax/ Lmin	L max	
Ala Norte	35	43		5550	24	917	0.02	5	15	27	69		475	270	388	0.7	1.1	5.5	29	55		?	?	?	?	?	?	?
C	BSS 373/61 ADM. (cega) art							BSS 429/63 SALA DE AULA (FEoeste) art							CSS 457/45 ADMINISTR (cega) art													
	30	60		463	227	398	0.6	4	4	27	61		1690	715	1267	0.56	4.5	18	29.5	51		1070	242	599	0.4	5	21	
	ASS 053/13 LAB. (FE sudoeste) art							ASS 056/09 LABORAT (FE nordeste) art							BSS 072 SALA DE AULA (FE sudoeste) art													
	26	70		767	288	598	0.48	5.64	14.1	26.5	54.5		591	276	545	0.5	8.6	13	28.5	58		585	145	708	0.2	11.6	9.3	
Ala Sul	CSS 121/40 LAB. AS (FE noroeste) art																											
	29	53		670	142	356	0.2	13	6.5																			
	BT 006/56SALA AULA (FE sudoest) art							BT -096 AUDITÓRIO (FE oeste) ANF 04 art																				
Ala Norte	Tar	UR	TMR	E max	E min	Em	Uo	Lmax/ Lmin	L max	Tar	UR	TMR	E max	E min	Em	Uo	Lmax/ Lmin	L max										
	27.5	54		742	190	534	0.35	6.3	12	27	61		408	63	298	0.2	10.4	9.4										
Ala Sul	AT 124-7 LAB. (FE nordeste) nat+art							AT 133 AUDITÓRIO (FE sudoeste) art							BT 552 SALA AULA AN (FE oeste) nat+art													
	28	60		5220	5	907	0.005	3.9	3.9	27.5	59		1147	540	961	0.47	5.8	22	27	70		2450	29	536	0.05	6.5	13	
	B1543-65 SALA PROF (FEoeste) nat+art							B1-543-62 SALA PROF (FE leste) nat+art																				
Ala Norte	Tar	UR	TMR	E max	E min	Em	Uo	Lmax/ Lmin	L max	Tar	UR	TMR	E max	E min	Em	Uo	Lmax/ Lmin	L max										
	28	55		1690	30	282	0.10	8.7	7.9	29	45		180	22	67	0.32	11.6	5.8										
	B1-081 SALA PROF (FE leste) art							B1-120 LABORAT (FE sudoeste) nat e art							B1-222 LABORAT (FE sudoeste) nat + art													
	29	53		236	207	220	0.94	4.3	60	30	51		1407	36	382	0.09	190	19	30	50		688	3	114	0.02	100	10	
Ala Sul	A1-144 LABORAT (FE sudoeste) art							A1-144/6 SALA DE PROF (cega) art							A1-148/3 SALA PROF (FE nordeste) nat+art													
	27	52		499	74	313	0.23	0.07	2.8	29	67		162	131	148	0.88	2.25	1.8	31	51		4270	686	1283	0.53	11.5	2.3	

LEGENDA

Iluminância abaixo de 2000 lux

Iluminância acima de 2000 lux

Contraste de luminâncias abaixo de 40:1

Contraste de luminâncias acima de 40:1

Uo abaixo de 0.09

Unidades

Tar: °C UR: % TMR: K Emax, min, m: lux Uo: adimensional Lmax/ min: cd/m²

Para execução das máscaras de sombra, foram considerados os brises na posição perpendicular nas salas onde este estava presente.

Figura 21: Ângulo de proteção dos brises

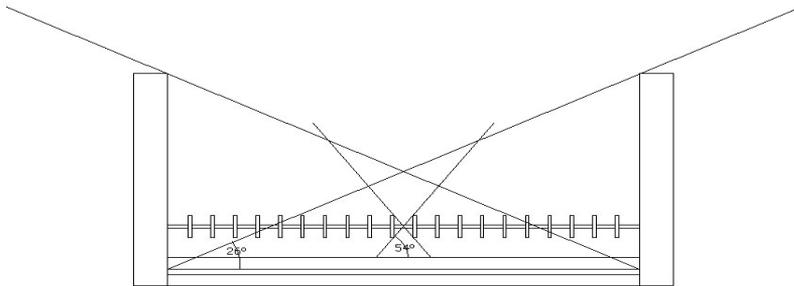
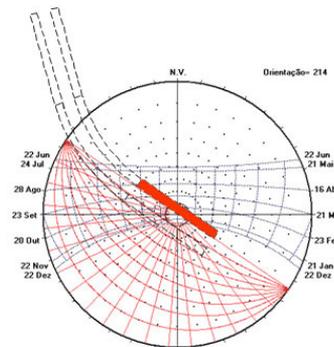
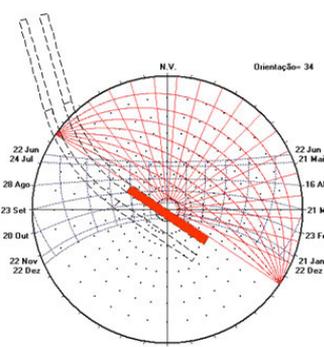


Figura 22: Ala Sul – Bloco A



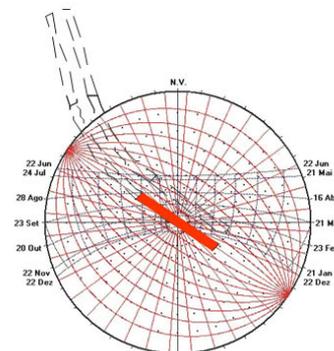
Face Sudoeste - Orientação = 214°
Radiação Solar = 5895 wh/m²

Figura 23: Ala Sul – Bloco A



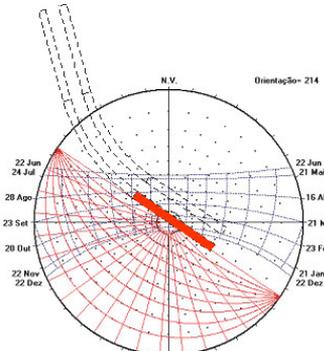
Face Nordeste - Orientação = 34°
Radiação Solar = 13456 Wh/M²

Figura 24: Ala Sul – Bloco B



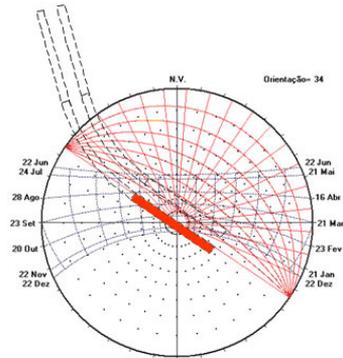
Faces Sudoeste e Nordeste
Orientação = 214° e 34°
Radiação Solar = SO = 5895 wh/m²
NE = 13456 wh/m²

Figura 25: Ala Sul – Bloco B



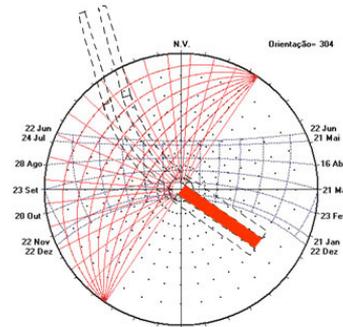
Face Sudoeste - Orientação = 214°
Radiação Solar = 5895 wh/m²

Figura 26: Ala Sul – Bloco B



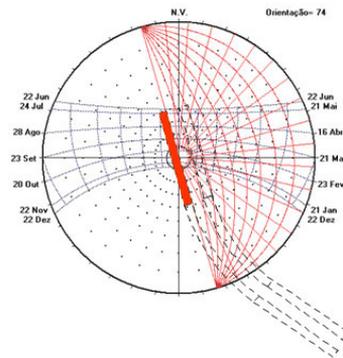
Face Nordeste - Orientação = 34°
 Radiação = 13456 Wh/m²

Figura 27: Ala Sul – Bloco C



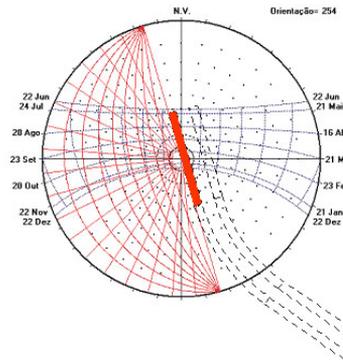
Face Noroeste - Orientação = 304°
 Radiação = 13935 Wh/m²

Figura 28: Ala Norte – Bloco B



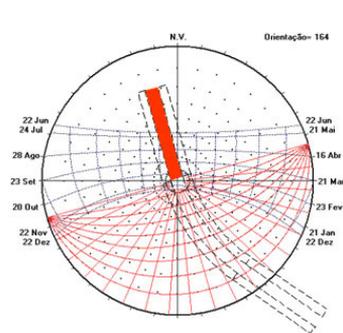
Face Oeste - Orientação = 254°
 Radiação = 11088 Wh/m²

Figura 29: Ala Norte – Bloco B



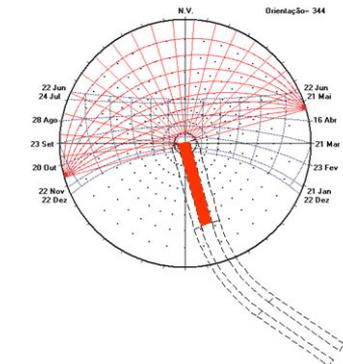
Face Leste - Orientação = 74°
 Radiação = 13589 Wh/m²

Figura 30: Ala Norte – Bloco C



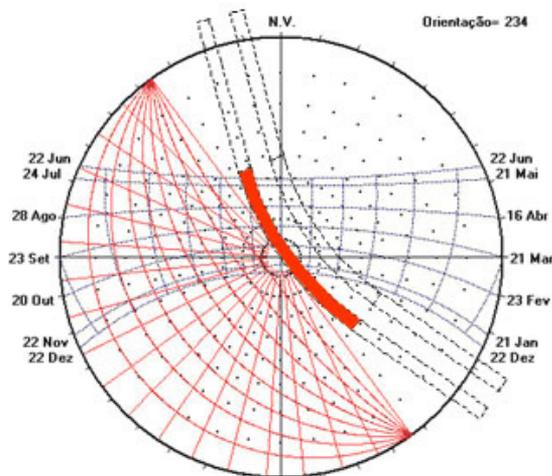
Face Norte - Orientação = 164°
 Radiação = 4137wh/m²

Figura 31: Ala Norte – Bloco C



Face Sul - Orientação = 344°
 Radiação = 12902 Wh/m²

Figura 32: Ala Central – Bloco B



Face Oeste - Orientação = 234°
Radiação = 8576 Wh/m²

Conforto sonoro

Para a análise do desempenho sonoro de espaços típicos do ICC, foram efetuadas medições com o objetivo de uma verificação momentânea e ilustrativa. Estas foram realizadas ao longo de três dias, em períodos distintos do dia até as 20:00 horas e nas condições normais de uso do ICC. Como os resultados foram coerentes tanto com a avaliação sensorial da equipe quanto com as reclamações dos usuários os valores, foram considerados como uma amostra significativa.

Os valores de ruídos de fundo¹ encontrados (Quadro 5) superam os valores de conforto e os valores máximos admissíveis.

¹ As fontes de ruído não são passíveis de eliminação, e não são, de modo geral, incompatíveis com as instalações acadêmicas, ao contrário, são parte delas e de seus usos regulares. Mas para a grande maioria dos espaços a fragilidade dos fechamentos e a existência de frestas comprometem as condições sonoras em relação ao isolamento.

Quadro 5: Valores de ruídos de fundo

Ambiente	Meio		Professor		Externo	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
ANFITEATRO 04	33	52	33	50		
CPD BSS 373/61	46	56			55	68
CESPE 457/45	47	55			50	54
IB B1 120	46	60	48	58		
IQ B1 222	50	61			55	68
IQ B1 081	36	61			54	60
IQ BSS 072	45	52	52	56	59	63
IQ BT 006/56	40	46	40	48	41	60
FACE B1 543/65	34	51			44	59
FACE B1 543/62	38	61			55	69
FACE BT 552 OU 594	43	53	44	53	52	65
FACE CSS 657/38	45	53	49	58	52	57
FACE CSS 654/37	42	58	43	65	45	60
FACE CSS 546/33	42	45			47	48
IB ASS 056/09	49	58			47	78
IB ASS 053/13	42	57	45	56	48	62
IB CSS 121/40	60	62			61	65
IB AT 133	44	46	44	50	58	64
IB AT 124/7	44	48			52	57
IB A1 144	50	59	51	60	62	68
IB A1 144/6	41	47			40	62

Ambiente	Meio		Professor		Externo	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
IB A1 148/3	37	44			41	

Fonte: Ceplan (2005).

Elaboração de diagnóstico

Nesta análise, comparam-se os resultados encontrados nas medições (ver Anexo A) com os parâmetros existentes em normas e recomendações nacionais e internacionais relativos à Conforto Térmico e Luminoso (ANSI/ASHRAE 55-81, ISO 7730, NB 5412). As Condições de Conforto Térmico consideradas foram: Temperatura do ar: entre 18 e 29 °C, e Umidade Relativa: entre 20 e 80%. Quanto ao Conforto Luminoso foi considerada a Iluminância média – de acordo com a tarefa (NBR 5412), a Iluminância mínima – de acordo com a tarefa (NBR 5412), a Iluminância máxima – não superior a 2.000 *luxes* (equivalente a 20 W/m²) e o Uo (índice de uniformidade – Iluminância mínima/iluminância média, desejável) > 0,8. A seguir, o Quadro 6 traz o diagnóstico do desempenho dos ambientes tipo analisados em todo o ICC. Quanto ao conforto acústico as normas brasileiras que definem os procedimentos de medições e estabelecem as referências de valores de ruídos admissíveis são: a NBR 12179 – Tratamento acústico em recintos fechados; NBR 10151– Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade; e NBR 10152 – Níveis de Ruído para Conforto Acústico, todas da ABNT. Há ainda a Instrução Normativa do INSS (Instituto Nacional do Seguro Social), NR 15 e a do Ministério do Trabalho, NR 17- Ergonomia.

Quadro 6: Diagnóstico de desempenho dos ambientes tipo analisados

Ala Sul Bloco B	Medições: térmica	Análise sensorial	Simulações térmicas	Simulações acústicas
TÉRREO BT – 096 Anf. 04	<p>Temperatura interna dentro da zona de conforto, <i>diurna</i> um pouco menor que a externa e <i>noturna</i> maior que a externa. No começo da manhã (9:00) a temperatura interna ainda se mantém maior.</p> <p>Temperaturas superficiais médias - Face externa <i>leste</i> maior que a face externa <i>oeste</i> o dia todo. Na face interna, maior temperatura superficial na face <i>leste</i> corredor.</p> <p>Conclusão: grande inércia térmica. Pouco ventilado.</p>	<p>Espaço <i>quente</i> na parte da tarde, pouco ventilado não apresentando umidade e com media inércia térmica. Fator solar baixo na parte da tarde devido à existência de vedações de alvenaria e protetores solares. Apresenta sistema de inércia térmica eficaz na época seca, diminuindo a amplitude das variações; na época mais úmida, a inércia é fraca. O ganho de calor da ocupação não é neutralizado pela ventilação, ao contrário, até aumenta a temperatura interna nas horas quentes do dia.</p>	<p>Presença das pessoas: 200 Horário da presença: 8h-12h, 14h-18h e 20-22h Ganhos pelos equip. internos: 06 <i>watts/m2</i> (iluminação artificial – lâmpadas vapor metálico, vapor de sódio e fluorescentes de 32W) Horário dos ganhos: 8h-22h Infiltração de ar: 5 vol/hora No dia 12/04 as temp. mantêm-se dentro dos limites de conforto.</p>	<p>Reverberação muito superior aos valores recomendados; para baixas e médias frequentes em mais de 50%; para as médias e altas (limites da fala) em mais de 100%; a partir de 3kHz começa a se aproximar de 50 a 25% de superação. O mesmo acontece com seu vol/ pessoa é superior em 50% do ideal. Isolamento necessário para todas as faces: 40 -50 dB Ruído externo considerado: 90 dB</p>
<p>ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL - Nível de iluminância insuficiente detectado na medição e constatado na simulação. - Luminárias em quantidade insuficiente e mal distribuídas, ocasionando iluminação desuniforme. - Tipo de lâmpada inadequada para o uso do ambiente.</p>				

Ala Sul Bloco B	Medições: térmica	Análise sensorial	Simulações térmicas	Simulações acústicas
TÉRREO BT – 006/56 Sala de aula inf.	<p>Sala com ar-condicionado e um no. significativo de equipamentos. Temperatura interna fora dos limites de conforto, diurna um pouco menor que a externa e noturna se equipara à externa. No começo da manhã (9:00) a temperatura interna ainda se mantém maior. Temperaturas superficiais médias - face interna oeste com maior temperatura superficial na parte da tarde. A face interna sul com maior temperatura superficial diurna que a face externa sul. Conclusão: O ganho de calor se dá mais pela ocupação e pelos equipamentos – ar-condicionado desligado.</p>	<p>Espaço quente na parte da manhã, sem ventilação, não apresentando umidade e com média inércia térmica. Fator solar baixo devido à existência de alvenaria e marquise de proteção do lado leste. Ganhos de calor pela ocupação e pelos equipamentos.</p>	<p>Sala com computadores; ganho intenso por ocupação com efeito de amenização por inércia térmica das três paredes pesadas.</p>	<p>Reverberação muita alta (100% a mais) nas baixas frequências o que desfavorece o ruído predominante. A atenuação, em consequência, também é menor nessas frequências o que mantém altos níveis de ruído até pontos mais distantes. Isolamento necessário para todas as faces 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB</p>
	<p>ILUMINAÇÃO Natural - Aberturas existentes são pequenas, quase imperceptíveis, mas permitem de acordo com as simulações um baixo nível de iluminação do ambiente e uma certa uniformidade no turno matutino. - Ambiente passível de colocação de abertura controlável.</p> <p>Iluminação Artificial - Nível de iluminância alto com relação à norma existente. - Luminárias e lâmpadas em quantidade expressiva o que provoca o aumento do nível de iluminação constatado na medição e simulação, porém, mal distribuídas gerando um ambiente desuniforme; o que sensorialmente não é constatado.</p>			
MEZANINO B1-120 Laboratório	<p>Temperatura interna dentro dos limites de conforto, diurna acompanha a externa e noturna maior que a externa. No começo da manhã (9:00) a temperatura interna ainda se mantém maior. Temperaturas superficiais médias – 1ª medição: face interna leste com maior temperatura superficial (14: 00) – 2ª medição: face oeste com maior temperatura superficial (14: 00). Conclusão: Ganhos de calor pela cobertura e pelo lado oeste.</p>	<p>Temperatura agradável pela manhã, bem ventilado, com umidade adequada e com média inércia térmica. Fator solar baixo devido a existência de marquise.</p>	<p>Grande carga térmica pela cobertura, vidros e ocupação; não há efeito de inércia significativa (atraso de uma hora); as temp. internas mantêm as amplitudes externas. O sistema de ventilação contribui neutralizando os ganhos térmicos, mas não o suficiente. O fechamento dos vidros, à noite, aumenta muito a temp. do ar. *</p>	<p>Reverberação superior em mais de 250% nas baixas frequências e para as médias vai baixando o % para até 200% nas medis e altas. Todas as superfícies reflexivas. Isolamento necessário para todas as faces: 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB.</p>
	<p>Iluminação natural - Ambiente com baixos níveis de iluminância e pouquíssima uniformidade constatado na medição e simulação, isto devido à sua extensão e profundidade. Aparentemente isto não é detectado pela existência no ambiente de inúmeras superfícies claras e refletoras.</p> <p>Iluminação artificial - Nível de iluminação e uniformidade baixa constatado na medição devido à existência de lâmpadas queimadas. Pouco imperceptível sensorialmente.</p>			

Ala Sul Bloco B	Medições: térmica	Análise sensorial	Simulações térmicas	Simulações acústicas
<p>MEZANINO</p> <p>B1-222 Laboratório</p>	<p>Temperatura interna fora dos limites de conforto, diurna acompanha a externa e noturna maior que a externa. No começo da manhã (9:00) a temperatura interna ainda se mantém maior.</p> <p>Temperaturas superficiais médias – face interna sul com maior temperatura superficial seguida pelas faces oeste e leste. A face interna leste: maior temperatura superficial que face externa leste.</p> <p>Conclusão: Ganhos de calor: cobertura e vedações, todas as faces.</p>	<p>Espaço quente na parte da tarde, bem ventilado, apresentando umidade adequada e com media inércia térmica. Fator solar baixo devido à existência de protetores solares.</p>	<p>Mesma condição do ambiente acima.</p>	<p>Mesma condição do ambiente acima.. Isolamento necessário para todas as faces: 30 - 40 dB</p> <p>Ruído externo considerado: 80dB</p>
<p>Iluminação natural</p> <p>- Ambiente com baixos níveis de iluminância e pouquíssima uniformidade, isto devido à sua extensão e profundidade. Aparentemente isto não é detectado pela existência no ambiente de inúmeras superfícies claras e refletoras.</p> <p>Iluminação artificial</p> <p>- Nível de iluminação e uniformidade baixa constatado na medição devido à existência de lâmpadas queimadas. Pouco imperceptível sensorialmente.</p>				
<p>MEZANINO</p> <p>B1-081 Sala de professor</p>	<p>Temperatura interna fora dos limites de conforto, diurna acompanha a externa e noturna maior que a externa. No começo da manhã (9:00) a temperatura interna ainda se mantém maior.</p> <p>Temperaturas superficiais médias – 1ª medição: face interna leste com a temperatura superficial um pouco maior que as outras faces e maior que a temperatura externa da face leste.</p> <p>Conclusão: Ganhos de calor pela cobertura.</p>	<p>Espaço pequeno e quente na parte da manhã, sem ventilação, não apresentando umidade e com baixa inércia térmica. Fator solar baixo, não há penetração de radiação solar direta na face devido a existência de marquise. Ganhos de calor por equipamentos e pela ocupação.</p>	<p>Ganhos de muito altos por vidros e ocupação; sem ventilação para neutralizar; a baixa inércia dos vidros e a opacidade à radiação térmica aumentam muito a temperatura interna relativamente à oscilação externa. Excedem até a amplitude da variação externa no momento da ocupação.</p>	<p>Reverberação nos limites aceitáveis nas baixas frequências e superior em 50% nas médias e altas; pode-se dizer que é inconveniente pelo aumento da intensidade do ruído produzido no ambiente. Isolamento necessário para todas as faces 30 - 40 dB</p> <p>Ruído externo considerado: 80 dB</p>
<p>Iluminação Natural</p> <p>- Ambiente simulado com céu claro e outro nublado o que permitiu verificar um bom nível de iluminância (favorecida pela existência da cobertura prolongada/beiral), porém uma má distribuição da luz e existência de ofuscamento.</p> <p>Iluminação artificial</p> <p>- Nível de iluminância dentro o padrão da norma existente.</p>				
<p>SUBSOLO</p> <p>BSS-072 Sala de aula</p>	<p>Temperatura interna dentro dos limites de conforto, diurna menor que a externa e noturna não foi medida. No começo da manhã (9:00) a temperatura interna acompanha a temperatura externa.</p> <p>Temperaturas superficiais médias – as temperaturas das faces internas se aproximam, prevalecendo uma diferença mínima da face norte (menos de 1º C)</p> <p>Conclusão: A inércia térmica contribui para não elevar a temperatura, pouco ventilado.</p>	<p>Espaço quente na parte da tarde, sem ventilação não apresentando umidade e com media inércia térmica. Fator solar baixo com penetração apenas 1/5 da vedação externa. Ganhos de calor pela ocupação e pela parte exposta da vedação.</p>	<p>Presença das pessoas: 30</p> <p>Horário da presença: 8h-12h, 14h-18h e 20-22h</p> <p>Ganhos pelos equip. internos: 15 watts/ m2 (iluminação artificial – lâmpadas fluorescentes de 32W)</p> <p>Horário dos ganhos: 8h-22h</p> <p>Infiltração de ar: 5 vol/hora</p> <p>No dia 12/04 as temp. ficam dentro dos limites de conforto.</p>	<p>Para as baixas freq. os valores estão excessivos em 30 a 50% porém para as altas os valores estão aceitáveis. Neste caso, sala de aula, a reverberação é importante estar em valores equilibrados para a inteligibilidade. Isolamento necessário para todas as faces: 30 - 40 dB</p> <p>Ruído externo considerado: 80 dB</p>
<p>ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL</p> <p>- Nível de iluminância alto constatado na medição e na simulação.</p> <p>- Baixo índice de uniformidade que não é detectado visualmente pelo predomínio de superfícies claras e refletivas.</p>				

Ala Sul Bloco A	Medições: térmica	Análise sensorial	Simulações térmicas	Simulações acústicas
TÉRREO AT- 133 Auditório	Sala com ar-condicionado e um no. significativo de pessoas Temperatura interna dentro da zona de conforto, 1ª medição: diurna menor que a externa e noturna maior que à externa. 2ª medição: às 14:00 a temperatura interna maior que a externa e a noturna , menor. Temperaturas superficiais médias - face interna oeste com maior temperatura superficial às 12:00. A face interna sul com temperatura superficial às 12:00 um pouco maior que a face externa sul e na face oeste interna a temperatura superficial diurna é um pouco menor que a face externa oeste. Conclusão: Ganhos de calor pelas vedações oeste, sul e pela ocupação.	Temperatura um pouco alta, ambiente medianamente quente pela manhã, sem ventilação, apresentando umidade adequada e com média inércia térmica. Fator solar baixo, pois a penetração na face acontece somente na parte da tarde (vedação de vidro pintado).	Ganho muito grande de calor pela ocupação e vidros especialmente no verão quando o sol está mais alto e incidente sobre os vidros; porém na primavera, mais altas temperaturas externas, a inclinação do sol fica neutralizada pelo céu claro e as temp. internas ficam muito altas. A falta de ventilação impede a dissipação do calor (vidros fechados e pintados de ar-condicionado).	Apesar das poltronas estofadas do auditório, a reverberação não está em nível ideal, importante para um auditório; especialmente as baixas frequências necessitam de mais absorção. A atenuação está adequada. Isolamento necessário para todas as faces: 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB
	ILUMINAÇÃO NATURAL - Ambiente simulado com céu claro e outro nublado o que permitiu verificar um bom nível de iluminância dentro da média exigida, porém uma má distribuição da luz e existência de ofuscamento na região próxima à abertura. ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL - Nível de iluminância altíssimo fora do padrão da norma existente. - Grande número de luminárias.			
TÉRREO AT – 121/7 – AT –124/7 Laboratório	Temperatura interna fora da zona de conforto, diurna maior que a externa e noturna maior que a externa. No começo da manhã (9:00) a temperatura interna ainda se mantém maior. Temperaturas superficiais médias – 1ª medição: face interna leste e norte com maior temperatura superficial – 2ª medição: face leste com maior temperatura superficial na parte da manhã. Conclusão: Ambiente quente, ganhos de calor pela vedação da face leste e norte.	Temperatura muito alta pela manhã, espaço quente, com ventilação, apresentando umidade adequada com média inércia térmica, e penetração direta na face leste. Fator solar baixo, os protetores solares posicionados corretamente contribuiriam para a diminuição do ganho.	As simulações foram feitas para janelas abertas e fechadas, o que mostrou a diferença de comportamento térmico amenizando os ganhos térmicos; porém com a contribuição de ganhos dos vidros as aberturas não são suficientes para manter as temperaturas em níveis adequados.	Em termos sonoros as simulações mostraram altos níveis de reverberação, especialmente para as baixas frequências sendo os valores superiores a mais de 300% dos níveis recomendados. Problemas de isolamento do ruído, vedações pouco isolantes. Isolamento necessário para todas as faces: 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB
	Iluminação Natural - Ambiente com favorável nível de iluminância ao longo do dia e adequada intensidade visual, porém a uniformidade é inexistente e próximo às aberturas os índices medidos, simulados e percebidos são altíssimos. Iluminação artificial - Nível de iluminância dentro o padrão da norma existente. Existência de uniformidade.			

Ala Sul Bloco A	Medições: térmica	Análise sensorial	Simulações térmicas	Simulações acústicas
<p>MEZANINO</p> <p>A1-144 Laboratório</p>	<p>Temperatura interna dentro da zona de conforto, diurna menor que a externa (dia nublado) e noturna maior que a externa. No começo da manhã (9:00) a temperatura interna ainda se mantém maior.</p> <p>Temperaturas superficiais médias – face interna leste e com maior temperatura superficial – face externa oeste com maior temperatura superficial que a face interna oeste.</p> <p>Conclusão: Ambiente quente, amenizado pelo uso de ar-condicionado e ventilador.</p>	<p>Ambiente quente pela manhã, sem ventilação, apresentando umidade adequada com média inércia térmica, e penetração direta na face oeste. Fator solar médio (vidro pintado de preto e armário na frente).</p>	<p>Ocupação típica do Bloco A com fechamento em vidro aramado; neste caso pintado de preto e com ar-condicionado; alta taxa de ganho de calor por ocupação e pelos vidros; a simulação mostra que com aberturas “teóricas” (portas abertas) que a ventilação seria eficaz e manteria as temperaturas internas adequadas.</p>	<p>Em termos sonoros, as condições são razoáveis dada a grande quantidade de estantes com livros; ainda assim um pouco acima do nível recomendado; pelos problemas de ruídos, segurança e privacidade o ambiente fica fechado. Mesmo assim o isolamento não é suficiente para barrar o som aéreo nem o estrutural. Isolamento necessário para todas as faces: 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB</p>
<p>ILUMINAÇÃO NATURAL - Ambiente simulado com céu claro e outro nublado permitindo verificar uma má distribuição da luz e existência de ofuscamento. Isto devido à extensão do espaço, gerando baixo nível de iluminância e excesso na região próxima à abertura.</p> <p>ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL Nível de iluminância dentro o padrão da norma existente.</p>				
<p>MEZANINO</p> <p>A1-144/6 Sala de professor</p>	<p>Temperatura interna – fora da zona de conforto, diurna menor que a externa, porém ao longo do dia fica maior em relação à externa - noturna maior que a externa. No começo da manhã (9:00) a temperatura interna ainda se mantém um pouco maior.</p> <p>Temperaturas superficiais médias – face interna leste e sul apresentam as temperaturas superficiais mais elevadas –</p> <p>Conclusão: Ambiente quente, com ganhos de calor pela cobertura e aberturas que permitam a renovação de ar.</p>	<p>Espaço muito pequeno com temperatura agradável, com pouquíssima ventilação, apresentando umidade adequada e média inércia térmica. Fator solar baixo – não há penetração direta na face (ambiente localizado no meio do bloco).</p>	<p>Sala interna com vedações de divisórias sem fachada externa; o grande ganho de calor se dá pela ocupação e se aberta a ventilação contribuiria, pois não há sistema de inércia, ao contrário, as vedações são leves e opacas à dissipação do calor.</p>	<p>A condição acústica é muito desfavorável no isolamento; a reverberação é menor nas baixas frequências devido aos vidros, mas ainda suplanta os valores ideais e nas altas suplanta em muito, mais de 100%. Isolamento necessário para todas as faces: 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB</p>
<p>ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL - Nível de iluminância insuficiente detectado na medição. Mas adequado visualmente.</p>				
<p>MEZANINO</p> <p>A1-148/6 Sala de professor</p>	<p>Temperatura interna fora dos limites de conforto, diurna maior que a externa e noturna maior que a externa. No começo da manhã (9:00) a temperatura interna ainda se mantém um pouco maior.</p> <p>Temperaturas superficiais médias – face interna leste não foi medida, as demais faces se alternam no decorrer do dia.</p> <p>Conclusão: Ganhos de calor pela cobertura e pelas vedações.</p>	<p>Dia frio - temperatura agradável pela manhã, com ventilação, com umidade adequada e com média inércia térmica. Fator solar baixo devido à existência de protetores solares.</p>	<p>Sala com face de vidro para o “leste” com janelas e porta abertas, a ventilação neutraliza parcialmente os ganhos por ocupação e por vidros, bastante expressivos; não há sistema de inércia, portanto a ventilação não está em desempenho adequado.</p>	<p>A reverberação não se encontra em patamares preocupantes; o isolamento é o fator que mais compromete por ser sala individual de professor. A presença dos vidros contribui com a absorção das baixas frequências. Isolamento necessário para todas as faces: 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB.</p>
<p>ILUMINAÇÃO Natural - Ambiente com nível de iluminância excessivo visivelmente percebido e sentido, uniformidade inexistente, principalmente próximo às aberturas no período matutino.</p> <p>ILUMINAÇÃO Artificial - Nível de iluminância dentro o padrão da norma existente e distribuição de luz uniforme.</p>				

Ala Sul Bloco A	Medições: térmica	Análise sensorial	Simulações térmicas	Simulações acústicas
SUBSOLO ASS – 053/13 Laboratório	Temperatura interna dentro da zona de conforto, diurna maior que a externa no começo da manhã (9:00), e menor que a externa às 14:00 e se equipara à externa no final da tarde e à noite.	Temperatura <i>agradável</i> pela manhã, sem ventilação, umidade adequada e média inércia térmica. Fator solar baixo sem penetração de radiação solar direta, espaço enterrado e sem aberturas. Ganho de calor por ocupação.		Isolamento necessário para todas as faces: 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB
	Iluminação artificial - Nível de iluminação e uniformidade baixa constatado na medição devido à existência de lâmpadas queimadas. Pouco imperceptível sensorialmente.			
SUBSOLO ASS – 056/09 Laboratório	Sala com ar-condicionado ligado Temperatura interna dentro da zona de conforto, diurna maior que a externa no começo da manhã (9:00), e menor que a externa às 14:00 e 15:00. Temperatura interna <i>noturna</i> maior que a externa. Temperaturas superficiais médias – face interna leste acusando a temperatura mais elevada (32,9 oC) as demais faces se alternam no decorrer do dia. Conclusão: O ar-condicionado ligado na parte da tarde permite que a temperatura interna diminua.	Temperatura <i>agradável</i> pela manhã, pouco ventilado com umidade adequada e com média inércia térmica. Fator solar baixo na parte da manhã com penetração apenas na face leste de aproximadamente 1/5 da vedação externa (vidro pintado de preto). Ganhos de calor por de parte da vedação e por ocupação.	Presença das pessoas: 30 Horário da presença: 8h-12h, 14h-18h e 20-22h Ganhos pelos equip. internos: 24 watts/m ² (lâmpadas fluorescentes de 20W) Horário dos ganhos: 8h-22h Infiltração de ar: 5 vol/hora No dia 12/04 as temp. ultrapassam os limites de conforto nos intervalos 11h-12h e 14h-17h.	Ambiente muito reverberante em especial nas baixas freq. e médias; sempre excedendo em mais de 200 a 300% os valores ideais; todos os revestimentos reflexivos. Problemas de isolamento pelas divisórias, não muito expressivo pois devido ao ar-condicionado não há frestas. Isolamento necessário para todas as faces: 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB
	Iluminação artificial - Nível de iluminância dentro o padrão da norma existente e distribuição de luz uniforme.			

Ala Sul Bloco C	Medições: térmica	Análise sensorial	Simulações térmicas	Simulações acústicas
SUBSOLO CSS –121/40 Laboratório	Temperatura interna fora da zona de conforto, diurna maior que a externa no começo da manhã (9:00), e um pouco menor que a externa a partir de meio-dia e vai aumentando no final da tarde. À noite se mantém maior que a externa Temperaturas superficiais médias – A face interna norte apresenta temperatura superficial mais elevada às 17:00 e menor temperatura superficial que a face externa norte. Conclusão: Durante as medições o ventilador estava ligado.	Ambiente <i>quente</i> pela manhã, pouco ventilado com umidade adequada e com média inércia térmica. Fator solar médio com penetração na face norte através do vidro pintado de preto. Ganhos de calor pela vedação e por ocupação.		Isolamento necessário para todas as faces 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB
	Iluminação natural - Ambiente simulado com céu claro e outro nublado o que permitiu verificar ineficiência da entrada e distribuição da luz, existência de ofuscamento na região próxima à abertura e níveis altos de iluminância no final da tarde. Iluminação artificial - Nível de iluminância baixo detectado pela medição apesar da quantidade relevante de luminárias. Necessidade de padronização de lâmpadas em uso.			

Ala Central Bloco B	Medições: térmica	Sensorial	Simulações térmicas	Simulações acústicas
<p>SUBSOLO BSS – 429/63</p> <p>Sala de aula</p>	<p>Sala com ar-condicionado e um número significativo de pessoas Temperatura interna dentro da zona de conforto. Medições com ar-condicionado ligado. Temperaturas superficiais médias – Temperatura superficial mais elevada na face sul às 17:00. Conclusão: Ganhos de calor pela ocupação e pelos equipamentos</p>	<p>Ambiente <i>quente</i> pela manhã, sem ventilação, apresentando umidade baixa (seco) com média inércia térmica, e penetração direta na face oeste. Fator solar baixo. (espaço enterrado e sem aberturas). Inércia térmica contribuindo com perdas de calor, tanto por parte da fachada como pela cobertura. A ocupação ainda incrementa as temperaturas além do recomendado, gerando a necessidade do ar-condicionado.</p>	<p>Presença das pessoas: 20 Horário da presença: 8h-12h, 14h-18h e 20-22h Ganhos pelos equip. internos: 220 watts/m2 (iluminação artificial – lâmpadas fluorescentes de 32W + 20 computadores) Horário dos ganhos: 8h-22h Infiltração de ar: 7 vol/hora No dia 12/04 as temp. ultrapassam os limites de conforto entre as 8h e 22h.</p>	<p>Sem problemas no que se refere à reverberação. Pouco acima e pouco abaixo dos valores ideais. Sem frestas pelo ar-condicionado. Mas as divisórias são pobres no isolamento. Isolamento necessário para todas as faces: 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB</p>
<p>Iluminação artificial - Nível de iluminância altíssimo. Luminária inadequada para o uso do ambiente. Extremante refletora.</p>				
<p>SUBSOLO BSS – 373/61</p> <p>Administração</p>	<p>Sala com ar-condicionado e ventiladores Temperatura interna fora da zona de conforto, <i>diurna</i> menor que a externa nos três dias de medições (exceto ao meio-dia de um dia de medição) e <i>noturna</i> maior que a externa. No início da manhã (9:00) a temperatura ainda se mantém maior que a externa. Temperaturas superficiais médias – Nos três dias de medições a maior temperatura superficial ocorreu na face sul à noite. A temperatura superficial interna da face leste é maior que a da face externa leste em dois dias de medições. Conclusão: Boa inércia térmica, ventilação escassa.</p>	<p>Ambiente <i>quente</i> perto do meio-dia, sem ventilação (com aberturas acima da divisória – uso de ventilador), apresentando umidade adequada, com média inércia térmica e com penetração apenas na face oeste de aproximadamente 1/5 da vedação externa (alvenaria). Fator solar baixo (espaço enterrado e sem aberturas).</p>	<p>SS - Inércia térmica contribuindo com perdas de calor, tanto por parte da fachada como pela cobertura. Porém a ocupação (três pessoas e três computadores) e a falta de ventilação ainda aumentam as temperaturas mais que o recomendado, gerando a necessidade do ar-condicionado.</p>	<p>Isolamento necessário para todas as faces: 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB</p>
<p>Iluminação artificial - Nível de iluminância dentro do padrão da norma existente; distribuição de luz desuniforme, mas não perceptível.</p>				

Ala Norte Bloco C	Medições: térmica	Sensorial	Simulações térmicas	Simulações acústicas
SUBSOLO CSS – 457/45 Administração	<p>Temperatura interna dentro da zona de conforto, <i>diurna</i> menor que a externa e <i>noturna</i> maior que a externa. No início da manhã se equipara a externa.</p> <p>Temperaturas superficiais médias – A face interna sul apresenta a temperatura superficial mais elevada às 14:00 e a face interna oeste tem a mesma temperatura superficial que a face externa oeste da circulação interna às 12:00, sem ar-condicionado ligado.</p> <p>Conclusão: Durante as medições o ar-condicionado estava ligado e o ambiente estava ocupado com um número significativo de pessoas e os equipamentos estavam ligados.</p>	<p>Ambiente <i>quente</i> pela manhã, sem ventilação, com umidade adequada e com boa inércia térmica. Fator solar baixo sem penetração na face. Ganhos de calor por ocupação e pelos equipamentos</p>	<p>Presença das pessoas: 8 Horário da presença: 8h-12h, 14h-18h Ganhos pelos equip. internos: 92 watts/m² (ilumin. artificial – lâmpadas fluorescentes de 32W e 40W + 8 computadores) Horário dos ganhos: 8h-18h Infiltração de ar: 5 vol/hora No dia 12/04 as temperaturas ultrapassam os limites de conforto entre às 8h e 18h.</p>	<p>Sem problemas de reverberação. Grande ocupação e estantes de livros e papéis; divisórias fracas no isolamento, porém sem presença de frestas.</p> <p>Isolamento necessário para todas as faces 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB</p>
	Iluminação artificial - Nível de iluminância excessivo detectado em medição e percebido visualmente.			
SUBSOLO CSS – 657/38 Sala de aula inf.	<p>Sala com número. significativo de pessoas e equipamentos</p> <p>Temperatura interna fora da zona de conforto, <i>diurna</i> maior (em média 30 a 31oC) que a externa e <i>noturna</i> maior que a externa. No início da manhã se mantém maior que a externa.</p> <p>Temperaturas superficiais médias – As temperaturas superficiais das faces internas apresentam valores mais elevados que as das faces externas. Maior temperatura superficial na face leste, visto que a face norte envidraçada não foi medida.</p> <p>Conclusão: Durante as medições os ventiladores e os equipamentos (21) estavam ligados.</p>	<p>Ambiente <i>muito quente</i> pela manhã, ventilado, com umidade adequada e com boa inércia térmica. Fator solar alto com penetração direta na face. Ganhos de calor pela vedação (norte), pelos equipamentos e possivelmente por ocupação.</p>	<p>Presença das pessoas: 21 Horário da presença: 8h-12h, 14h-18h e 20-22h Ganhos pelos equip. internos: 150 watts/m² (iluminação artificial - lâmpadas fluorescentes de 32W + 21 computadores) Horário dos ganhos: 8h-22h Infiltração de ar: 7 vol/hora No dia 12/04 as temp. ultrapassam os limites de conforto entre as 8h e 22h.</p>	<p>Valores muito altos de reverberação, em especial nas baixas e altas. Sem frestas pelo ar-condicionado. Presença de vidros e divisórias enfraquece o isolamento. Isolamento necessário para todas as faces: 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB</p>
	<p>ILUMINAÇÃO NATURAL - Ambiente com excesso de luminosidade e altos índices de iluminância em alguns horários principalmente próximo às aberturas. Luminosidade espacial desuniforme percebida e sentida visivelmente. Nas simulações em sua maioria são adequados os níveis.</p> <p>ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL - Nível de iluminância acima da média exigida pela norma existente (verificado na medição). Necessidade de melhor distribuição das luminárias no intuito de se obter uma maior uniformidade da iluminação espacial.</p>			

Ala Norte Bloco C	Medições: térmica	Sensorial	Simulações térmicas	Simulações acústicas
SUBSOLO CSS – 654/37 Sala de aula	<p>Temperatura interna dentro da zona de conforto, 1ª medição: diurna menor que a externa e a noturna não foi medida. No início da manhã se mantém maior que a externa. Na 2ª medição às 12:00 a face interna esteve mais elevada.</p> <p>Temperaturas superficiais médias – a temperatura superficial da face interna leste se equipara a da face externa (leste). A face interna norte tem a temperatura superficial mais elevada, visto que a face sul envidraçada não foi medida. É menor que sua face externa paralela.</p> <p>Conclusão: Ganho de calor pelas vedações e cobertura.</p>	<p>Temperatura <i>agradável</i> pela manhã, ventilado, com umidade adequada e com boa inércia térmica. Fator solar alto com penetração direta na face. Ganhos de calor pela vedação (sul) e possivelmente por ocupação.</p>	<p>Presença das pessoas: 24 Horário da presença: 8h-12h, 14h-18h e 20-22h Ganhos pelos equip. internos: 24 watts/m² (iluminação artificial – lâmpadas fluorescentes de 40W) Horário dos ganhos: 8h-22h Infiltração de ar: 5 vol/hora No dia 12/04 as temp. mantêm-se dentro dos limites de conforto.</p>	<p>Valores muito altos de reverberação, em especial nas baixas e altas. Sem frestas pelo ar-condicionado. Presença de vidros e divisórias enfraquece o isolamento. Isolamento necessário para todas as faces: 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB</p>
	<p>ILUMINAÇÃO NATURAL - Ambiente com níveis de luminosidade abaixo da média exigida verificado nas medições apesar de adequado sensivelmente. Porém bastante desuniforme a distribuição e entrada da luz natural. Ambiente com superfícies claras e refletivas acarretando ofuscamento.</p> <p>ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL - Nível de iluminância acima da média exigida pela norma (verificado na medição). Passível de controle através da melhor distribuição das luminárias.</p>			
SUBSOLO CSS – 546/33 Sala de professor	<p>Temperatura interna dentro da zona de conforto, diurna menor que externa e noturna não foi medida. Início da manhã se equipara a externa.</p> <p>Temperaturas superficiais médias – As temperaturas superficiais das faces se equiparam, inclusive a da cobertura, em torno de 24 oC. Se equiparam, também, as externas.</p> <p>Conclusão: Ganho de calor pelas vedações e cobertura, na mesma proporção que as faces laterais.</p>	<p>Ambiente <i>quente perto do meio-dia</i>, pouco ventilado, com umidade adequada e com média inércia térmica. Fator solar baixo, sem penetração direta na face. Ganhos de calor possivelmente por ocupação.</p>	<p>Presença das pessoas: 2 Horário da presença: 8h-12h, 14h-18h Ganhos pelos equip. internos: 51 watts/m² (ilumin. artificial – lâmpadas fluorescentes de 20W + 2 computadores) Horário dos ganhos: 8h-18h Infiltração de ar: 5 vol/hora No dia 12/04 as temp. mantêm-se dentro dos limites de conforto.</p>	<p>Isolamento necessário para todas as faces 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB</p>

Ala Norte Bloco C	Medições: térmica	Sensorial	Simulações térmicas	Simulações acústicas
MEZANINO B1- 543/65 Sala de professor	<p>Sala com ar-condicionado ligado Temperatura interna fora da zona de conforto, 1ª medição: diurna um pouco menor que a externa e noturna maior que à externa e no começo da manhã se mantém maior. 2ª medição: diurna um pouco maior que a externa, exceto ao meio-dia, e noturna não foi medida. No começo da manhã se mantém maior</p> <p>Temperaturas superficiais médias – 1ª medição: a temperatura superficial da face leste menor que a face externa leste. 2ª medição: se equiparam e ao meio-dia é maior.</p> <p>Conclusão: O ar-condicionado ligado na parte da tarde dificulta a compreensão do comportamento do ambiente.</p>	<p>Temperatura agradável e um pouco frio (ar-condicionado ligado) pela manhã, bem ventilado com umidade adequada e com média inércia térmica. Fator solar baixo com penetração na face externa oeste (com protetores solares). Ganhos de calor pela cobertura, pela vedação, pela ocupação e por equipamentos.</p>	<p>Presença das pessoas: 01 Horário da presença: 8h-12h, 14h-18h e 20-22h Ganhos pelos equip. internos: 60 watts/ m2 (ilumin. artificial – lâmpadas fluorescentes de 65watts + 1 computador) No dia 12/04 as temp. ultrapassam os limites de conforto nos intervalos 11h-12h e 14h-17h. Simulações com janelas abertas e fechadas mostra o efeito do sistema teórico de ventilação. A contribuição é significante, porem não chega a neutralizar os ganhos pela ocupação e vidros.</p>	<p>Grande reverberação nas baixas e problemas de isolamento Isolamento necessário para todas as faces: 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB</p>
	<p>ILUMINAÇÃO NATURAL - Nas medições e simulações evidenciou-se níveis de iluminância bastante baixos o que sensivelmente é contestado, pois o ambiente é adequado apesar da existência de altos índices próximos à abertura.</p> <p>ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL - Nível de iluminância dentro do padrão de exigência na norma.</p>			
MEZANINO B1- 543/62 Sala de professor	<p>Sala com ar-condicionado ligado Temperatura interna dentro da zona de conforto, 1ª medição: diurna e noturna maior que a externa. 2ª medição: diurna menor que a externa, e noturna maior.</p> <p>Temperaturas superficiais médias – a temperatura superficial da face interna oeste menor que a externa da face oeste.</p> <p>Conclusão: O ar-condicionado ligado em todos os horários dificulta a compreensão do comportamento do ambiente.</p>	<p>Temperatura agradável (ar-condicionado desligado) pela manhã, sem ventilação, espaço com pouca umidade (seco) e com média inércia térmica. Fator solar baixo, penetração na face externa oeste na parte da tarde (com protetores solares). Ganhos de calor: cobertura, vedação, ocupação e por equipamentos.</p>	<p>Grande ganho de calor pelos vidros e pela ocupação; sem contribuição de ventos para neutralizar, as temperaturas sobem muito se tornando inadequadas e necessitando de ar-cond. Sem efeito de inércia pela grande presença de vidros.</p>	<p>Grande reverberação e falta de isolamento. Grande presença de frestas, diminui o isolamento assim como os vidros. Isolamento necessário para todas as faces 30 - 40 dB Ruído externo considerado: 80 dB</p>
	<p>ILUMINAÇÃO NATURAL - Detectou-se nas medições e simulações níveis de iluminância baixos. Uniformidade inexistente relatada e constatada sensivelmente, porém é adequado com níveis relativamente médios de iluminação.</p> <p>ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL - Nível de iluminância dentro do padrão de exigência na norma.</p>			

Ala Norte Bloco C	Medições: térmica	Sensorial	Simulações térmicas	Simulações acústicas
<p>TÉRREO</p> <p>BT 594 ~ 552</p> <p>Sala de aula</p>	<p>Temperatura interna dentro da zona de conforto, 1ª medição: diurna e noturna um pouco maior que a externa. 2ª medição: diurna menor que a externa, e noturna maior que a externa. No começo da manhã se equiparou.</p> <p>Temperaturas superficiais médias – maior temperatura superficial na face oeste às 17:00. A temperatura superficial da face interna leste é um pouco maior que a externa da face leste (molhada) na parte da tarde e à noite.</p> <p>Conclusão: a alvenaria da vedação oeste contribui para amenizar o calor provocado pelas temperaturas.</p>	<p>Temperatura <i>agradável</i> na parte da tarde, pouco ventilado, umidade adequada e com média inércia térmica. Fator solar baixo com penetração direta na face externa oeste aproximadamente 1/5 da vedação externa (alvenaria com pequenas frestas). Ganhos de calor pela cobertura, pelas vedações, pela ocupação e por equipamentos.</p>	<p>Elevado ganho de calor por ocupação e neutralização por ventilação, porém não aos níveis desejáveis. O sistema de inércia também contribui com perdas de calor.</p>	<p>Valores de alta reverberação em todas as frequências especialmente das baixas. Problemas de isolamento pelas frestas. Isolamento necessário para todas as faces: 30 - 40 dB</p> <p>Ruído externo considerado: 80 dB</p>
<p>ILUMINAÇÃO NATURAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aberturas existentes são pequenas, quase imperceptíveis, mas permitem de acordo com as simulações algum nível de iluminação no ambiente. - Ambiente passível de colocação de abertura controlável. <p>ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nível de iluminância dentro do padrão da norma existente. 				

Fonte: Ceplan (2005).

— LEGENDA:

FACHADAS DA ALA SUL:

-  ORIENTAÇÃO COM FACE EXTERNA SUDOESTE E NORDESTE
-  ORIENTAÇÃO COM FACE EXTERNA SUDOESTE (COM E SEM OBSTRUÇÃO)
-  ORIENTAÇÃO COM FACE EXTERNA NORDESTE
-  ORIENTAÇÃO SEM FACE EXTERNA
-  SUBSOLO ORIENTAÇÃO COM FACE EXTERNA NOROESTE
-  SUBSOLO COM 1/5 DE FACE EXTERNA OESTE (ALVENARIA) - SEM ABERTURAS
-  SUBSOLO SEM FACE EXTERNA

FACHADAS DA ALA NORTE:

-  SUBSOLO SEM FACE EXTERNA
-  SUBSOLO COM 1 FACE EXTERNA SUL - JARDIM
-  SUBSOLO COM 1 FACE EXTERNA NORTE - JARDIM

FACHADAS DA ALA NORTE:

-  ORIENTAÇÃO COM FACE EXTERNA LESTE
-  ORIENTAÇÃO COM FACE EXTERNA OESTE

Diretrizes de projeto para a adequação dos espaços típicos

Estas diretrizes foram desenvolvidas conforme a concepção bioclimática que leva em conta os elementos do meio onde o espaço construído está inserido. Procurou-se o acondicionamento natural deste, utilizando-se da avaliação integrada dos elementos térmicos, da luz, do som e da cor. Desta forma, constitui-se a concepção Bioclimática, que pode ser definida como aquela que abriga princípios de desenho que utilizam a adequação ao lugar e à cultura do lugar como parâmetro fundamental. Os elementos de desenho bioclimático compreenderão os elementos condicionantes do espaço em si, por um lado, e os elementos condicionantes do espaço marco, por outro, criando assim os parâmetros de desenho ambiental integrado para os espaços construídos.

O Bioclimatismo representa, de alguma forma, uma superação e, como uma etapa atual do movimento climático-energético, conceitua-se, então, como uma forma lógica de desenho que reconhece a persistência do existente, culturalmente adequada ao lugar e aos materiais locais e que utiliza a própria concepção arquitetural como mediadora entre o homem e o meio (ROMERO, 2001, p. 28). Por tal motivo, adotam-se seus princípios para fazer a análise do desempenho dos espaços construídos.

Essas características constroem a processualidade do Bioclimatismo e demandam metodologia de aplicação muito flexível. Métodos e procedimentos para obter soluções bioclimáticas devem reger-se pela integração dos aspectos climáticos, históricos e culturais em suas diversas etapas, assim como tais etapas devem retroalimentar-se continuamente. Substitui-se, assim, o modelo tradicional analítico, atomizado e temporalmente estático, por atividades com revisão periódica e adaptação às características da realidade.

Estratégias bioclimáticas ou de acondicionamento ambiental passivo para a região de Brasília

1. Ventilação;
2. Resfriamento evaporativo e umidificação do ar;
3. Vedações pesadas (inércia térmica);

4. Cobertura leve e isolada e paredes pesadas;
5. Obstrução e/ou melhor distribuição da Radiação Solar Direta (Aberturas para ventilação de tamanhos médios com sombreamento).

Ventilação

É a primeira estratégia indicada para Brasília. Algumas condições são mostradas aqui para sua aplicação.

Se a temperatura do interior do edifício ultrapassar os 29° C ou a umidade relativa for superior a 80 %, a ventilação pode melhorar a sensação térmica. Isto acontece em Brasília, principalmente nos meses de verão e durante os meses de setembro e outubro.

No clima quente úmido (meses de verão em Brasília): ventilação cruzada (fazendo com que a temperatura interior acompanhe a exterior). Supondo que a velocidade máxima permitida para o ar interior é da ordem de 2 m/s, a ventilação é aplicável até o limite de temperatura exterior de 32° C, pois a partir daí os ganhos térmicos por convecção tornam esta estratégia indesejável.

Estratégias para aplicação:

Nos espaços exteriores amplos: evitar barreiras edificadas para fornecer a boa distribuição do movimento do ar. Onde a temperatura diurna é maior que 29° C e a umidade relativa é inferior a 60 %, o resfriamento convectivo noturno é mais adequado.

Ventilação diurna e noturna

Quando a temperatura diurna é de 30° C a 36° C e a temperatura noturna se situa por volta de 20° C a ventilação diurna, é indesejável porque implica calor adicional a ser armazenado na edificação, aumentando a temperatura interior noturna.

Neste caso, durante a noite, o resfriamento convectivo noturno das edificações pode ser alcançado pela ventilação, que aproveita o ar mais fresco da noite para resfriar os ambientes internos. Para isto, as aberturas são mantidas fechadas durante o dia; o prédio é resfriado por convecção durante a noite e pode absorver o calor durante o dia com uma pequena elevação da temperatura interna.

Estratégias para aplicação:

- Controlar a ventilação durante o dia para reduzir o ingresso de ar quente e incrementar a ventilação noturna;

- Ventilação cruzada;¹
- Ventilação da cobertura;
- Ventilação sob a edificação;
- Uso de captadores de vento.
- Quando a ventilação noturna não é suficiente e outros sistemas são necessários:
- Resfriamento evaporativo;
- Resfriamento convectivo² (reduz o tempo de uso dos outros).

¹ O movimento de ar efetivo através dos edifícios, gerado por pressão de vento, depende de duas condições básicas:

1. Deve existir zona de alta pressão e zona de baixa pressão em torno do edifício.
2. Devem existir aberturas de entrada na zona de alta pressão e aberturas de saída na zona de baixa pressão.
3. Quando as janelas são opostas, a ventilação do ambiente é mais distribuída quando o vento atinge a janela com um ângulo de 45°, quando comparada com o vento perpendicular à janela.
4. Quando as janelas estão em paredes adjacentes, melhor ventilação é obtida quando o vento é perpendicular à janela.
5. A velocidade média interna depende principalmente do tamanho da abertura menor; não faz a mínima diferença se a abertura é a de entrada ou de saída.
6. A velocidade máxima (próximo da janela de entrada) em compartimento com a saída maior que entrada é muito maior que no caso reverso, mas a velocidade em outras partes do compartimento é muito menor, provocando pequena mudança na média geral.
7. Quando o compartimento não tem ventilação cruzada a velocidade interna média é bem pequena, especialmente quando o vento é perpendicular à entrada. Apenas a ventilação cruzada sozinha dobra as velocidades médias e máximas.
8. Melhoria na ventilação é possível em compartimentos que têm apenas uma janela externa se o vento dominante for oblíquo à parede onde está a janela. Este ângulo poderá variar entre 20 e 70°.
9. A velocidade do ar interno é bastante reduzida quando da colocação de telas nas janelas, especialmente quando o vento é oblíquo à janela.

² A refrigeração de edifícios através de sistemas passivos pode ser proporcionada pela utilização de uma série de redutores naturais de calor: o ar ambiente; a alta atmosfera; e o solo abaixo da superfície.

Tais sistemas de refrigeração incluem:

- Ventilação de conforto: proporcionando conforto humano diretamente através de ventilação natural, principalmente durante o período diurno. Sistema de refrigeração por ventilação noturna: reduzindo a temperatura interna durante o dia ventilando o edifício pela noite.
- Refrigeração radiante: utilizando o processo de radiação noturna de onda-longa para o céu.
- Direto, Não-mecânica: refrigeração evaporativa do ar ventilado, por exemplo, refrigerando torres.
- Indireto: refrigeração evaporativa de edifícios por tanques no teto e paredes molhadas condutoras impermeáveis.
- Refrigeração do solo: utilizando o solo como fonte de refrigeração para edifícios.

Resfriamento evaporativo³

A evaporação da água pode reduzir a temperatura e aumentar a umidade relativa. Este sistema, no entanto, requer uma boa ventilação e é aconselhável quando a temperatura de bulbo úmido (tbu) máxima não excede os 24° C e a temperatura de bulbo seco (tbs) máxima não ultrapassa os 44° C. Isto ocorre em Brasília principalmente nos meses de julho, agosto e setembro.

Estratégias para aplicação:

- Pode ser feito de maneira direta através do uso de vegetação (evapotranspiração do vegetal); microaspersores e fontes de água (evaporação da água);

Umidificação

A umidificação do ar melhora as condições de desconforto devido à secura do ar em locais com umidade relativa muito baixa e temperatura do ar inferior a 27° C. As taxas de renovação do ar devem ser mantidas baixas, evitando o resfriamento evaporativo e mantendo a quantidade de vapor d'água no ar em níveis aceitáveis.

Inércia térmica

A inércia térmica determina a atenuação e o atraso da onda de calor que penetra na edificação. A amplitude diária de temperatura estabelece uma relação direta com os critérios de capacidade térmica (inércia); esta é importante em climas com grande amplitude térmica diária (caso de Brasília), mas não resolve os problemas de variação de temperatura nas diferentes estações do ano. O efeito de “deslocamento de fase”, devido à inércia térmica, permite retardar o efeito das cargas térmicas externas dos períodos mais quentes do dia aos mais frios, e de transmitir a baixa temperatura noturna aos períodos mais quentes do dia.

Estratégias para aplicação:

- Uso de materiais de vedação pesados (tijolo maciço, concreto, pedra);
- Aproveitamento da inércia térmica do solo (no caso de construções enterradas).

Isolamento da cobertura

³ Alguns destes sistemas proporcionam um efeito refrigerador instantâneo quando estão operantes, como por exemplo, a ventilação de conforto e a refrigeração evaporativa direta. Em outros sistemas passivos de refrigeração, assim como a refrigeração ventilada radiante, a energia resfriadora é coletada durante a noite, e o “frio” é armazenado, na maioria dos casos, na massa estrutural dos edifícios.

A cobertura da edificação é um dos pontos mais importantes a serem considerados, uma vez que esta recebe o máximo de radiação solar. A quantidade de isolamento necessária é proporcional à diferença entre as condições térmicas externas e os requisitos de conforto. Baseando-se na variação máxima anual de temperatura, de fato, pode-se estabelecer uma relação direta com o isolamento térmico necessário.

Estratégias para aplicação:

- As soluções em altura são mais aconselháveis, apesar de resultarem em maior área de paredes; no entanto, na prática, é mais fácil realizar uma proteção adequada para as coberturas do que para as paredes;
- Utilizar materiais isolantes (baixa condutividade), como lã de vidro, lã de rocha, etc., complementando a cobertura de baixa emissividade.

Obstrução e/ou melhor distribuição da Radiação Solar Direta

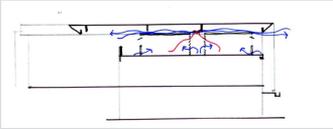
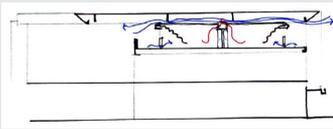
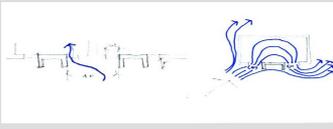
A obstrução da radiação solar através da proteção solar das aberturas pressupõe o estudo das cargas térmicas provenientes do sol, para a proteção do edifício da radiação solar e do consequente fluxo de calor que esta produz, mas existem algumas soluções possíveis:

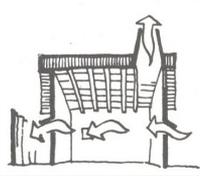
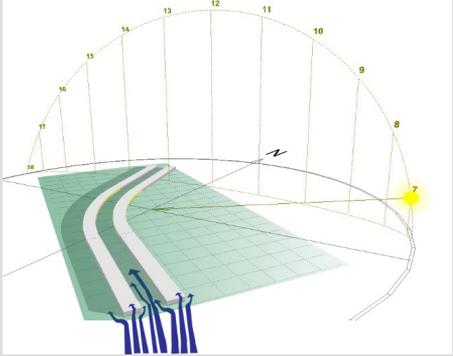
1. Impedir a radiação de chegar até a parede (proteções como *brises*, prateleiras de luz, vegetação, etc.);
2. Impedir que a radiação seja absorvida pela parede (função dos revestimentos refletores – ex. pintura branca);
3. Dimensionar corretamente a proporção de aberturas envidraçadas nas paredes (*Window Wall Ratio - WWR*), em função da orientação, existência ou não de proteção solar, dimensões dos ambientes.

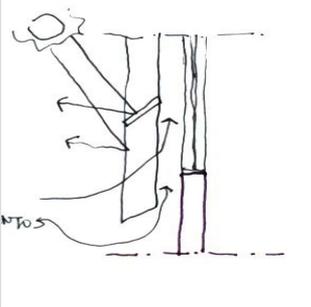
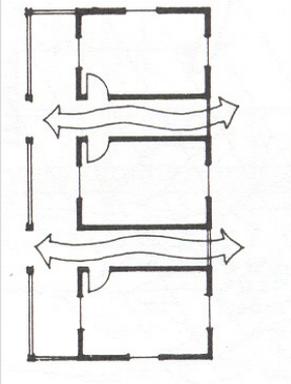
A seguir, apresentam-se, no Quadro 7, explicações e esquemas das estratégias passivas de condicionamento ambiental mostrando, de forma gráfica, a aplicação nos espaços do ICC as diversas estratégias aqui elencadas:

1. Ventilação;
2. Resfriamento evaporativo e umidificação do ar;
3. Vedações pesadas (inércia térmica);
4. Cobertura leve e isolada e paredes pesadas;
5. Obstrução e/ou melhor distribuição da Radiação Solar Direta (Aberturas para ventilação de tamanhos médios com sombreamento).

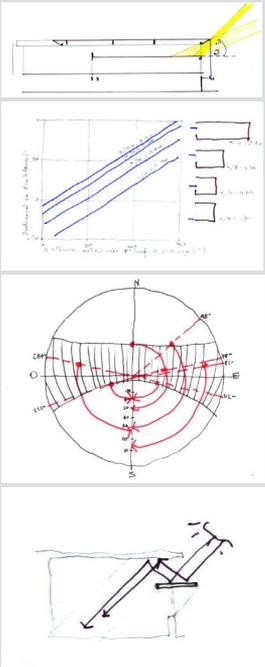
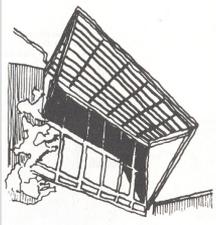
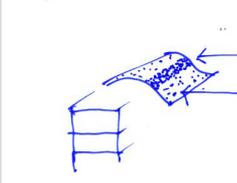
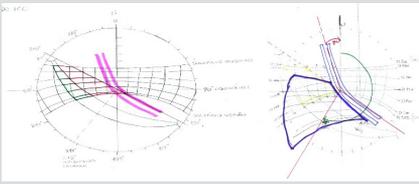
Quadro 7: Explicações e esquemas das estratégias passivas de acondicionamento ambiental

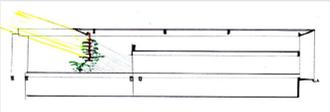
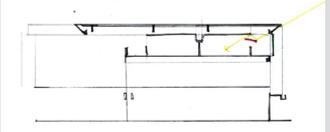
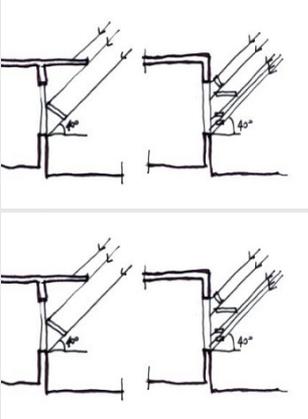
Estratégia	Aplicação
VENTILAÇÃO	
	<p>Introduzir ventilação > diminuir calor; Forro ventilado (isola do calor da cobertura); Para as edificações, devido á constante variação das temperaturas de suas superfícies, a transmissão de calor se processa em regime denominado variável. Na prática, a transmissão de calor de calor que se processa numa edificação, verifica-se, não de uma face a outra do elemento de construção, mas do ar em contato com sua face externa ao ar em contato com sua face interna. Aumentar ventilação > Retirar calor do ambiente Resfriamento noturno Cobertura dupla ou com maior isolamento térmico que corte o pico de temperatura diurno e conserve calor no período noturno. Favorecer a ventilação cruzada</p>
	<p>Ventilação noturna Conhecer quais os ventos noturnos mais frequentes no período quente, o que permitirá definir as janelas que deverão ficar abertas durante a noite para que se produzam a ventilação e o resfriamento. VENTILAÇÃO PARA Retardar a onda de calor exterior A ventilação da área compreendida entre a cobertura e o forro permite reduzir em grande proporção o fluxo de calor que penetra no recinto da edificação. A camada de ar amortece a transmissão de calor para o interior, em parte por ser o ar, ele próprio, mau condutor, e pelo fato de quando este ar é movimentado, acelera as perdas de calor da face interna da cobertura, por convecção.</p>
 <p>Aberturas controláveis para resfriamento</p>	<p>Wingwalls Profundidade mínima 0,5 – 1 vez a largura da janela. Espaçamento entre ww, duas vezes a largura da janela. Canalizadores e aceleradores de vento formados por paredes orientadas para a direção predominante do vento. Lâminas para redirecionamento dos ventos predominantes para o interior, otimizando a ventilação cruzada.</p>

Estratégia	Aplicação
	<p>Extrair o calor do ambiente. Favorecer a retirada do ar aquecido.</p>
<p>ventilação noturna Resfriamento passivo noturno, através de vãos nas fachadas que permanecem abertos durante a noite, diminuindo assim a massa térmica a ser esfriada ou refrigerada ao dia seguinte. Ventilação de conforto: proporcionando conforto humano diretamente através de ventilação natural, principalmente durante o período diurno. Sistema de refrigeração por ventilação noturna Os edifícios que apresentam maiores superfícies expostas ao vento sofrem perdas maiores, mas criam zonas externas protegidas. Dia 13 de abril Direção: SUDESTE 55,67% LESTE 33,33%</p>	
<p>A corrente de ar externa, através de um edifício, com uma velocidade considerada, estende o limite superior da zona de conforto, além dos limites para condições de ar estagnado, e pode proporcionar um efeito direto fisiológico. Esta situação ocorre recorrentemente durante o período diurno. Portanto, ventilação diurna pode ser definida também como ventilação de conforto, especialmente em casos quando esta também diminui a temperatura interna, assim como, quando a temperatura interna em edifícios, não ventilados, a temperatura é maior do que a temperatura externa, devido a um aumento do calor interno.</p>	<p>VENTILAÇÃO de CONFORTO (DIURNA) Velocidade de ar interna 1.5-2.0 m/s Temperatura do ar externa máxima 28/32o C Com uma efetiva ventilação cruzada diurna a temperatura interna tende a acompanhar a temperatura externa, além de incrementar uma velocidade de ar interna maior.</p>

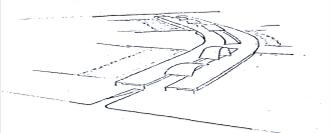
Estratégia	Aplicação
	<p>Brise afastado do corpo da edificação (menos calor transmitido por condução e ameniza o efeito da radiação do infravermelho longo). Uma barreira alta produz uma zona de baixa pressão frente a janela e desvia o fluxo de ar. Pode induzir um leve fluxo no sentido contrário a partir do interior do local</p>
	<p>Resfriamento passivo noturno, através de vãos nas fachadas que permanecem abertos durante a noite, diminuindo assim a massa térmica a ser esfriada ou refrigerada ao dia seguinte. Prateleiras de luz no lado do corredor Camada de ar ventilada nas fachadas</p>
	<p>Um estudo experimental demonstrou que mesmo quando edifícios têm ventilação cruzada durante as horas diurnas, as temperaturas internas máximas em um edifício de grande massa com isolamento pode ser menor do que 2-3oC abaixo do que as temperaturas externas máximas, enquanto que as temperaturas internas máximas de um edifício de pequena massa ficam próximas da máxima externa. O EFEITO DA MASSA EM EDIFÍCIOS COM VENTILAÇÃO CONTÍNUA</p>
<p>O EFEITO DA MASSA EM EDIFÍCIOS COM VENTILAÇÃO CONTÍNUA</p>	<p>A refrigeração da massa do edifício na noite, pela ventilação acrescida, permitiu que este absorvesse calor do ar ventilado durante o período diurno, o suficiente para diminuir as temperaturas máximas consideravelmente. Isso significa que a massa térmica pode diminuir a temperatura interna diurna e aumentar o conforto dos ocupantes mesmo em edifícios ventilados dia e noite, considerando que o índice da ventilação noturna seja suficiente para fazer que a temperatura mínima interna se aproxime da mínima externa. Por outro lado, no caso de edifícios de massa leve, ventilados naturalmente durante o dia, a ventilação noturna auxiliada por ventilador não reduz a temperatura interna diurna significativamente.</p>

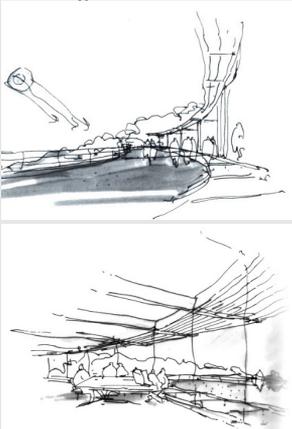
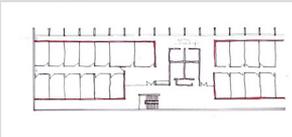
Estratégia	Aplicação
<p>VENTILAÇÃO DE CONFORTO (DIURNA) Velocidade de ar interna 1.5-2.0 m/s Temperatura do ar externa máxima 28/32° C Com uma efetiva ventilação cruzada diurna a temperatura interna tende a acompanhar a temperatura externa, além de incrementar uma velocidade de ar interna maior.</p>	<p>A corrente de ar externa, através de um edifício, com uma velocidade considerada, estende o limite superior da zona de conforto, além dos limites para condições de ar estagnado, e pode proporcionar um efeito direto fisiológico. Esta situação ocorre recorrentemente durante o período diurno. Portanto, ventilação diurna pode ser definida também como ventilação de conforto, especialmente em casos quando esta também diminui a temperatura interna, assim como, quando a temperatura interna em edifícios, não ventilados, a temperatura é maior do que a temperatura externa, devido a um aumento do calor interno.</p>
<p>RESFRIAMENTO COM A VENTILAÇÃO NOTURNA</p>	<p>Quando um edifício isolado e de grande massa é ventilado pela noite sua massa estrutural é refrigerada por convecção do interior, ultrapassando a resistência térmica da envolvente. Durante o dia, a massa refrigerada pode servir como um redutor de calor, se a massa for de quantidade e superfície suficientes e se esta for devidamente isolada do exterior.</p>
	<p>No caso de um edifício de grande massa a ventilação noturna diminuiu a temperatura interna diurna consideravelmente abaixo da temperatura externa. Do ponto de vista climático, a ventilação resfriadora noturna seria preferível à ventilação de conforto em regiões onde as temperaturas diurnas no verão estejam acima do limite superior da zona de conforto – com uma velocidade do ar interna de aproximadamente 1.5 m/s.</p>
<p>REFRIGERAÇÃO RADIANTE</p>	<p>Qualquer tipo de superfície que “vê” o céu perde calor pela emissão de ondas longas de radiação para o céu, e pode ser considerada como um dispersor de calor. Ainda que a perda do calor radiante aconteça dia e noite, o equilíbrio radiante é negativo somente durante a noite. Durante o dia a radiação solar absorvida inclui o efeito refrigerante da emissão de ondas longas e produz uma rede de ganho de calor radiante.</p>

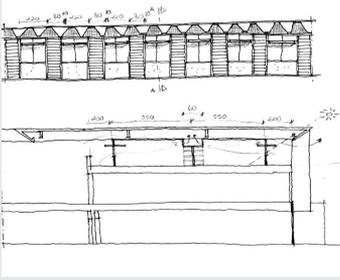
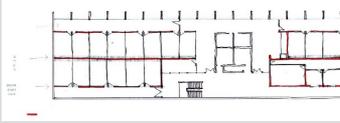
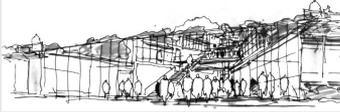
Estratégia	Aplicação
<p>OBSTRUÇÃO E/OU MELHOR DISTRIBUIÇÃO DA radiação SOLAR direta</p> <p>Ganhos térmicos pela insolação – fachadas. As fachadas não contribuem tanto para a carga térmica máxima, pois na hora de pico desta carga incidente externa (12 horas), no verão, o sol está a pino, não incidindo em nenhuma das fachadas. A contribuição destas fachadas se dá mais pela radiação difusa e pelos ganhos provenientes da diferença (delta T entre o ar externo e o ar interno - condicionado). O fluxo de calor que se transmite do meio externo para o recinto através de um elemento de construção sofre um atraso de transmissão e um amortecimento.</p> 	<p>Bloquear radiação indesejável (com gradação de bloqueio). Distribuir luz natural Controle da radiação solar. com coberturas (direta+difusa) e com confinamento (refletida): cobertura bioclimática.</p>  <p>Bloqueio denso</p>  <p>Bloqueio menos denso</p> <p>Otimizar iluminação natural (diminuir iluminação natural que provoque ofuscamento). Pode-se ao mesmo tempo controlar a radiação solar e otimizar e distribuir a iluminação natural. Introduzir iluminação natural onde possível, distribuindo-a. Possibilidades: A correta escolha dos materiais de construção opacos e translúcidos em função da forma; A possibilidade de captação da luz natural sem elevar excessivamente a carga térmica; Carga térmica reduzida pela diminuição da insolação direta sobre os vidros das aberturas.</p> 

Estratégia	Aplicação
	<p>Sombras projetadas pérgulas vegetais – Criam microclima agradável e opção estética pela leveza. Intensa cobertura vegetal e espetacular cor e floração.</p>
	<p>Permitir entrada de luz natural. Um beiral convencional muda a distribuição das zonas de pressão na fachada, produzindo um desvio do ar para cima. Uma separação entre a fachada e o beiral consegue equilibrar as zonas de pressão, produzindo um fluxo de ar horizontal. Prateleiras de luz no lado do corredor Vidros ou películas refletivas cor verde ou azul na pele externa; por serem seletivos, deixando passar mais radiação na faixa de luz visível e menos na faixa do infravermelho;</p>
<p>Na fachada onde ocorre a maior incidência de radiação solar ao longo do ano, criar dispositivos de proteção solar externos, verticais ou horizontais para minimizar a radiação solar direta no interior, maior responsável pelos ganhos de calor, porém sem evitar a radiação difusa, que contribui para a boa iluminação natural.</p>	
<p>MATERIAIS</p>	
<p>MATERIAIS:</p>	<p>Especificação de materiais para o ICC, pensando em uma concepção bioclimática do projeto. Propiciar a sustentabilidade Eficiência no consumo de materiais Redução de materiais por unidade de serviço Potencialização da durabilidade Utilizar materiais reciclados Utilização de materiais com menor impacto na extração e fabricação.</p>

Estratégia	Aplicação
<p>Paredes A energia radiante absorvida pelas superfícies externas das paredes da edificação é transformada em calor, que é levado ao recinto pelas formas usuais de transmissão. O fluxo de calor, que penetra no interior do edifício através das paredes, dependerá da inércia térmica dos materiais nela empregados, isto é, de seus coeficientes de absorção e de sua emissividade. Nas regiões tropicais, em virtude da incidência direta da radiação solar nas primeiras horas do dia, as paredes voltadas para leste e, nas últimas horas do dia, as de oeste, estão sujeitas a cargas de calor radiante equivalente à carga que recebe a cobertura nestas mesmas horas. Estas cargas de calor são, entretanto, menores que o fluxo de calor recebido pela cobertura nas seis horas medianas do dia. A carga total diária de calor radiante nas paredes leste e oeste é da ordem da quarta parte da que receberia uma cobertura horizontal com a mesma área.</p>	<p>Para atingir os objetivos de otimização do conforto, com relação ao valor dos coeficientes globais de transmissão térmica (K) para as paredes, podemos admitir um K máximo em torno de 3,5 W/m².°C. Pensou-se em componentes tipo painel ou bloco de encaixe, que elimine argamassas, mas onde seja possível adicionar um isolante em uma das faces, caso fosse necessário, e que pudesse ser pintado ou rebocado em cores claras.</p>
<p>Coberturas Ordem lógica dos procedimentos quanto à proteção da cobertura, isto é, de fora para dentro, os dois métodos iniciais seriam por meio da sombra externa e da reflexão da radiação.</p> <p>Emissividade A quantidade de calor transmitida por radiação depende da emissividade das superfícies que limitam a camada de ar e é dada pela grandeza E, denominada emissividade efetiva. O fluxo de calor transmitido por convecção e condução através da camada de ar é inversamente proporcional à sua espessura; enquanto sua resistência varia pouco com a espessura. Para as camadas de ar não ventiladas, a temperatura média do ar nele contida é igual à média das temperaturas superficiais dos paramentos que as limitam.</p>	<p>A reflexão pode ser aumentada pelo emprego de certos tipos de pintura, uma vez que algumas delas podem refletir de 85 a 95 % da radiação visível. A consequência principal do fluxo de calor que por meio da cobertura penetra no recinto da edificação é a de elevar sua temperatura radiante. Quando a diferença entre a temperatura da superfície inferior da cobertura ou do forro em relação ao ar interior é elevada, a temperatura radiante também se elevará.</p>

Estratégia	Aplicação
<p>Isolamento térmico de coberturas</p> <p>Quando se pretende aumentar o poder isolante das camadas de ar, pelo menos um dos paramentos pode ser constituído de folha de alumínio, neste caso, a emissividade da face inferior da cobertura é da ordem de 0,12; e admitindo-se que o forro tenha uma emissividade de cerca de 0,90 a 0,95 (cimento amianto, por exemplo), teremos uma resistência térmica elevada, equivalente à cerca de 3,5 cm de lã de vidro ou 1 m de concreto.</p>	<p>Para reduzir ganhos: utilizar materiais isolantes térmicos com alta resistência térmica (baixo “U”) Adicionar placas (50mm espessura) de isopor incombustível e adicionar vermiculita à argamassa da laje. Onde existir entreforro (espaços de ar/colchão de ar), aplicar mantas de fibra de vidro ou jato de espuma a base de poliuretano ou fibra de vidro, sobre a laje.</p>
<p>Coberturas pesadas</p> <p>Nas coberturas pesadas, a laje de concreto deve ter, como requisito principal, para interceptar o calor incidente, uma boa inércia térmica, adequada às amplitudes relativamente elevadas do período seco.</p>	<p>O acréscimo de isolantes, medidas de ventilação e a superposição de coberturas leves em matérias de baixa emissividade calorífica e/ou a boa resistência ao fluxo de calor, aumentam as possibilidades de se obter o conforto térmico. No tratamento superficial das lajes de cobertura desprovidas de cobertura suplementar deve ser considerada a possibilidade do emprego de materiais de baixa emissividade e de grande poder refletor, assim como de pinturas claras. Estas pinturas embora apresentem um coeficiente de absorção elevado para as radiações emitidas às temperaturas normais e conseqüentemente uma emissividade também elevada nas mesmas condições, absorvem uma fração muito pequena da radiação solar.</p>
	<p>O tempo constitui um fator importante para a determinação do tipo e da quantidade do isolante a ser empregado. Para as transmissões de calor em regime permanente, em que o fluxo de calor é constante, a condutividade é um dado importante a ser considerado. Entretanto, para os casos de cargas periódicas de calor, especialmente nas regiões com períodos quentes e secos, em que as condições desejáveis para o conforto térmico se encontram entre os extremos de flutuação, a difusividade dos materiais é o fator mais importante. Ela é geralmente mais importante nas estruturas das coberturas, onde a baixa difusividade térmica é desejável.</p>

Estratégia	Aplicação
<p>COBERTURAS DE CONCRETO COM ISOLAMENTO MÓVEL ATUANDO COMO RADIADORES</p>	<p>O mais simples conceito de resfriamento radiante é o de que um alto e pesado teto condutor (por exemplo, feito de concreto denso) exposto ao céu durante a noite, mas, altamente isolante externamente durante o dia (por meios de isolamento operacional). Pode ser bastante efetivo em perder calor à noite, ambos por radiação de ondas longas para o céu e por convecção para o ar externo, que resfria mais rápido que o teto maciço. Durante o dia o isolamento externo (instalado) minimiza o calor ganho pela radiação solar e pelo ar ambiente mais quente. A massa resfriada do teto pode assim servir como um redutor de calor e absorver, pelo forro, o calor penetrante gerado dentro do interior do edifício durante o dia.</p>
<p>VENTILAÇÃO DA COBERTURA</p>	<p>A importância da ventilação nas coberturas que apresentam um índice elevado de absorção é tal, que para um colchão de ar perfeitamente ventilado, com cobertura de cimento amianto ou aço galvanizado, o fluxo de calor que entra na construção é igual à metade do que se observaria se o colchão de ar não fosse ventilado.</p>
<p>COBERTURA BIOCLIMÁTICA: Coberturas duplas e simples com regadora controlada.</p> 	<p>Aproveitamento das vistas para o exterior, a grande maioria das vezes é desejável. Barreiras úmidas em todo seu perímetro – formados por uma combinação de cortinas d'água e micronizadores. Com unidades de tratamento de ar, cada uma delas com seção de esfriamento sensível e seção de esfriamento evaporativo.</p>
<p>LAYOUT</p> 	<p>Layout com corredor interno, afastamento do "oeste" = 1,00 m</p>

Estratégia	Aplicação
	<p>Layout sem corredor interno, na divisória interna espaço tampão (armário) com ventilação móvel na parte superior.</p>
	<p>Layout sem corredor interno, afastamento do "Oeste" = 2,00m</p>
 <p>CONVÍVIO</p>	<p>Vistas Permeabilidade Convívio Passagens cobertas com vegetação Resfriamento evaporativo</p>
	<p>Comunicação interior/externior. Espaço fluido</p>

Fonte: Ceplan (2005)

Zoneamento bioclimático

Foi elaborado um zoneamento bioclimático, onde alocou-se uma série de estratégias bioclimáticas, aplicadas posteriormente, para as diversas alas, pisos e blocos do ICC. Estas estratégias se referem aos elementos que devem ser priorizados para uma ocupação adequada das unidades acadêmicas que aí encontram abrigo. Estas diretrizes são para o que se denominou a ossatura e a pele do edifício, sem levar em conta a atual distribuição de atividades, nem as futuras. Adotou-se este procedimento para preservar o caráter geral da proposta.

Subsolo (Figura 33)

Bloco A

- Faixa continental no limite da rua de serviço, com condicionamento artificial quando a carga térmica o solicite (ar-condicionado) ou ventilação natural por dutos resfriados.
- Faixa com resfriamento evaporativo, jardim com ventilação permanente na orientação Leste.
- Taludes.

Bloco B

- Faixa continental no limite do corredor de serviço, com condicionamento artificial quando a carga térmica o solicite (ar-condicionado) ou ventilação natural com captadores de vento.
- Faixa com resfriamento evaporativo, jardim com ventilação permanente na orientação Oeste.
- Iluminação e ventilação natural.

Bloco C

- Faixa mediterrânea com jardins de resfriamento evaporativo.
- Filtros vegetais do ar poluído da rua de serviço.
- Prateleiras de luz.
- *Brises*.
- Ventilação cruzada.
- Inércia térmica.

Térreo (Figura 34):

Bloco A

- Faixa com resfriamento evaporativo, linha de árvores de 6 a 8 metros da face leste, proporcionando sombra e ar resfriado pela vegetação.
- Bloqueio da radiação solar direta no lado mediterrâneo com trepadeiras guiadas com protetores solares.
- *Brises*.
- WWR.

Bloco B

- Faixa com resfriamento evaporativo, linha de arvores de 6 a 8 metros da face oeste, proporcionando sombra e ar resfriado pela vegetação.
- Barreira vegetal no lado do estacionamento, filtro de poluição e desvio do ruído, amenizar.
- Bloqueio da radiação solar direta no lado mediterrâneo com trepadeiras guiadas com protetores solares.
- WWR.

Bloco C

- Pergolados ou coberturas leves para os jardins com mesas para convívio e lanches

Mezanino (Figura 35):

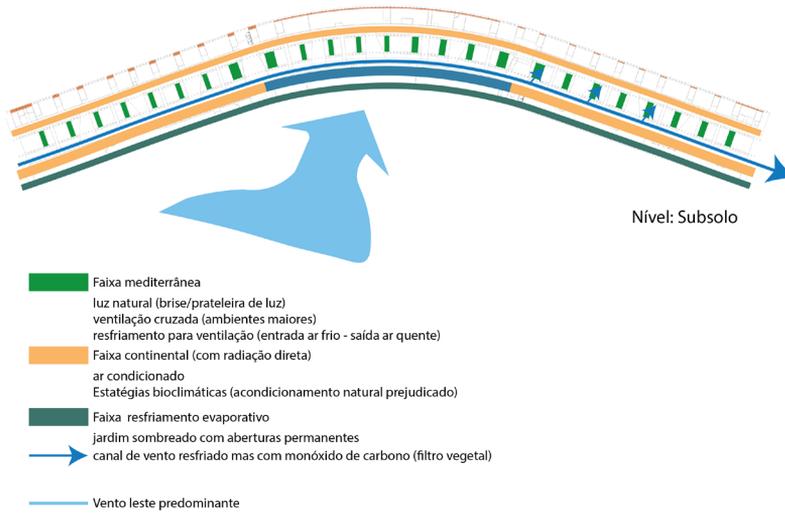
Bloco A

- Faixa com resfriamento evaporativo, linha de arvores de 6 a 8 metros da face leste, proporcionando sombra e ar resfriado pela vegetação.
- Bloqueio da radiação solar direta no lado mediterrâneo com trepadeiras guiadas com protetores solares.
- *Brisas*
- WWR

Bloco B

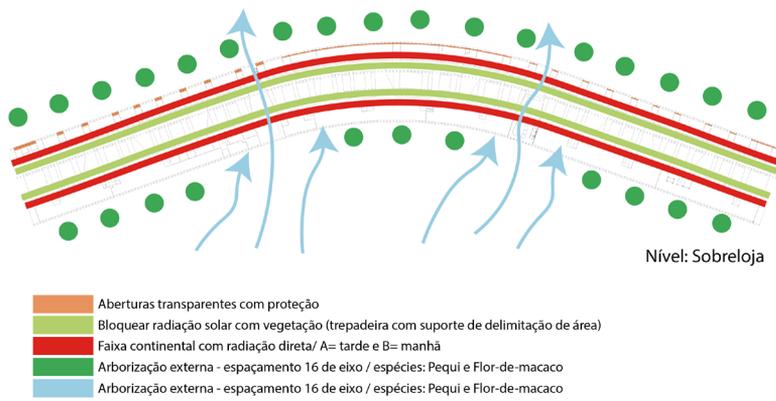
- Proteção da radiação direta.
- Bloqueio da radiação solar direta no lado mediterrâneo com trepadeiras guiadas com protetores solares.
- *Brisas*.
- WWR.

Figura 33: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento subsolo



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 34: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento térreo



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 35: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento mezanino



Fonte: Ceplan (2005).

Zoneamento de adequação

Elaborou-se um zoneamento de adequação em consonância com o zoneamento bioclimático, onde se mapeou os usos adequados para as diversas alas, pisos e blocos do ICC.

Subsolo (Figura 36):

Bloco A

- Zona de permanência propícia para funcionamento da pós-graduação.
- Faixa mediterrânea adequada para laboratórios que necessitem ar-condicionado, segundo a carga térmica estabelecida.

Bloco B

- Faixa mediterrânea adequada para atividades públicas ou com atendimento de público, tais como administração, apoio para futuras lanchonetes, depósitos, espaços para manutenção, etc.
- Salas embaixo dos auditórios com teto escalonado, locais impróprios para permanência prolongada.

Bloco C

- Zona de ensino, salas de aula e de núcleos de pesquisa.

Térreo (Figura 37):

Bloco A

- Zona de ensino, salas de aula, auditórios.

Bloco B

- Zona de ensino, salas de aula, auditórios.

Bloco C

- Pergolados ou coberturas leves para os jardins com mesas para convívio e lanches.

Mezanino (Figura 38):

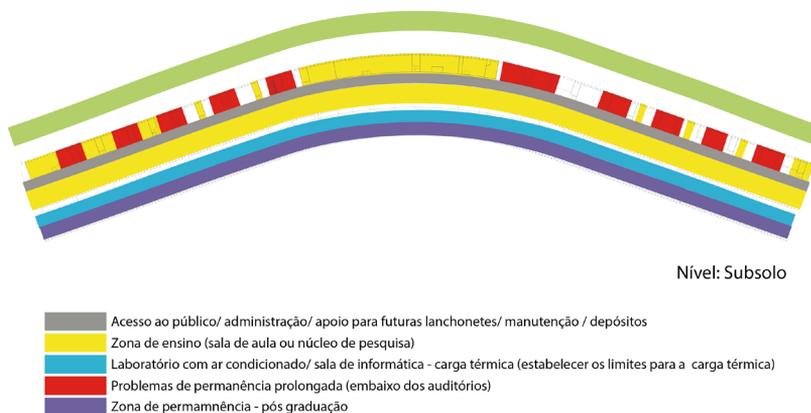
Bloco A

- Zona de permanência: pesquisa, extensão, bibliotecas, salas de professores, salas de grupos de pesquisa.

Bloco B

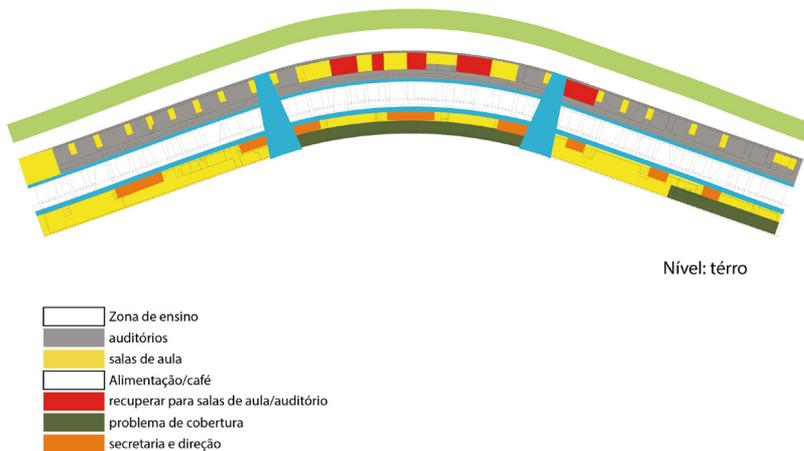
- Zona de permanência: pesquisa, extensão, bibliotecas, salas de professores, salas de grupos de pesquisa, salas de administração.

Figura 36: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento subsolo



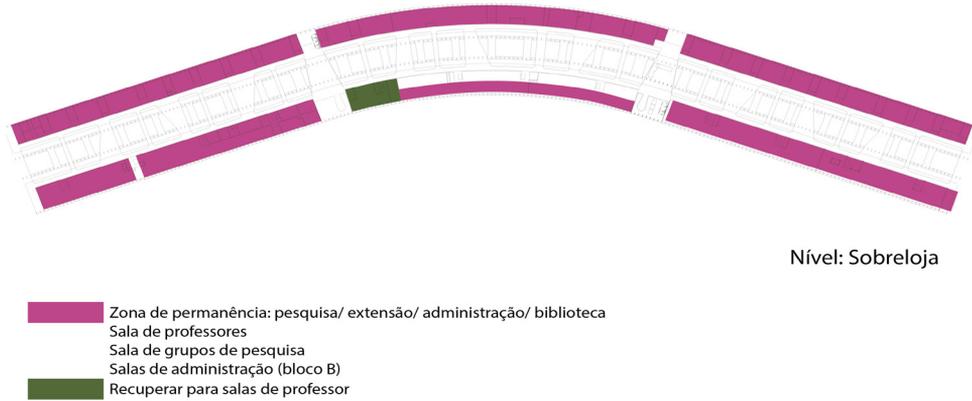
Fonte: Ceplan (2005).

Figura 37: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento térreo



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 38: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento mezanino



Fonte: Ceplan (2005).

Zoneamento acústico

Para este zoneamento, primeiramente classificou-se todas as dependências em ordem decrescente em relação ao nível sonoro que produzam ou possam produzir. Classificamos também as dependências em ordem crescente com relação à sua tolerância ao ruído (em função dos critérios de ruído). Assim temos como os níveis foram pensados:

- Auditório nível 4;
- Sala de aula nível 3;
- Sala de professor, núcleo de pesquisa nível 2;
- Administração nível 1;
- Formar um nomograma com as duas classificações, como indica a Tabela 3.

A relação em decibel entre dois pontos de diferentes colunas no nomograma definirá o isolamento requerido. Por exemplo, ver Tabela 4:

Deve-se lembrar que esses níveis de isolamento são médias ponderadas dos índices de redução de som do diferentes materiais do fechamento (alvenaria + portas + janelas + aberturas de ventilação, etc.).

Tabela 3: Classificações

<i>Fontes de ruído</i>		<i>Locais receptores</i>
nível alto		tolerância baixa
nível médio		tolerância média
nível baixo		tolerância alta

Fonte: Ceplan (2005).

Tabela 4: Locais

<i>Fontes de ruído</i>	níveis (dB)	<i>Locais receptores</i>
oficinas, salas de bombas, salas de música	80	30 tolerância baixa
salas de aula, administração	70	40 tolerância média
corredores	60	50 tolerância alta

Fonte: Ceplan (2005).

Listamos a continuação de ideias que devem ser levadas em conta no momento de realizar *layout* para as futuras utilizações dos espaços do ICC. Os projetos específicos deverão ter acompanhamento acústico em todas as instâncias para assegurar o conforto acústico e diminuir os custos construtivos. Atenção para os pontos fracos: uma janela aberta, ou uma porta leve, numa parede pesada e muito isolante, levará o isolamento global a níveis muito baixos, apesar das melhores intenções do construtor.

Subsolo (Figura 39):

Separar com a maior distância possível as fontes de ruído das áreas que precisem de silêncio.

Bloco A

- Faixa continental. Planejar locais que não sejam particularmente susceptíveis ao ruído para funcionar como espaços intermediários entre fontes sonoras e áreas que precisem de silêncio.

Bloco B

- Faixa continental. Planejar locais que não sejam particularmente susceptíveis ao ruído para funcionar como espaços intermediários entre fontes sonoras e áreas que precisem de silêncio.
- Oficinas. Situar as dependências que possam ser fontes de ruídos em áreas do edifício onde já existam outras fontes de ruído (inclusive exteriores).
- Situar máquinas e fontes que transmitam seus ruídos através da estrutura, se possível, diretamente acima das fundações.
- A estrutura ali é geralmente mais pesada e por isso mais isolante. Ainda mais: as vibrações poderão ser absorvidas diretamente pela terra.

Bloco C

- Miolo do bloco. Situar dependências que precisem de silêncio em partes tranquilas do prédio.

Térreo (Figura 40):

Bloco A

- Separar com a maior distância possível as fontes de ruído (corredores e entradas ao ICC) das áreas que precisem de silêncio.

Zona de salas de aula

Bloco B

- Separar com a maior distância possível as fontes de ruído (corredores e entradas ao ICC) das áreas que precisem de silêncio.
- Zona de auditórios

Bloco C

- Convívio próximo dos acessos

Mezanino (Figura 41):

Separar com a maior distância possível as fontes de ruído das áreas que precisem de silêncio.

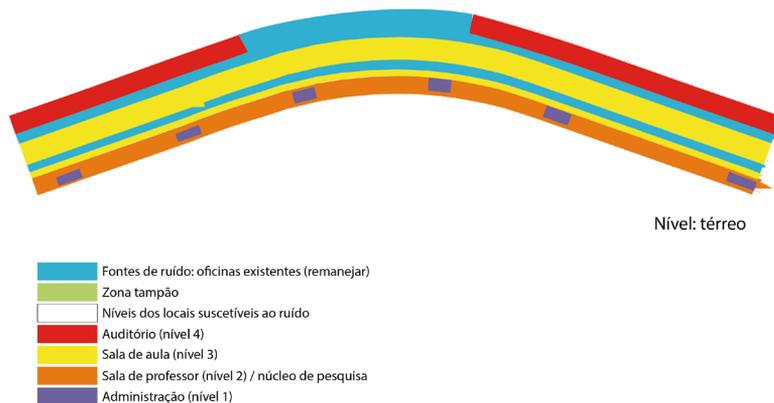
Bloco A

- Zona de permanência – salas de professores.
- Localizar salas de administração em locais próximos dos acessos.

Bloco B

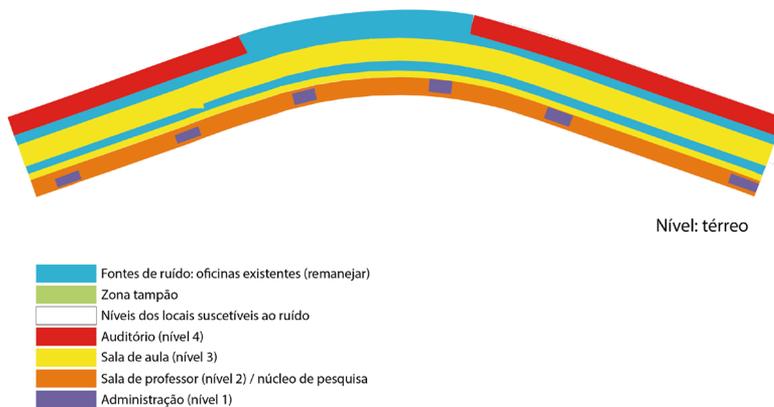
- - Zona de permanência – salas de professores.
- - Localizar salas de administração em locais próximos dos acessos.

Figura 39: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento subsolo



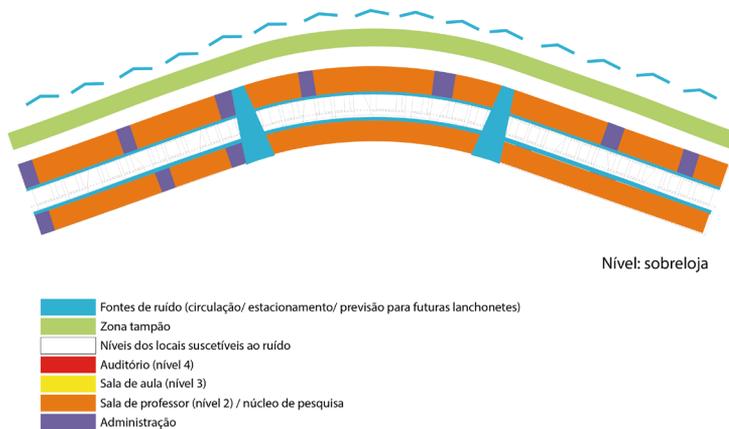
Fonte: Ceplan (2005).

Figura 40: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento mezanino



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 41: Zoneamento de estratégias bioclimáticas para o pavimento térreo



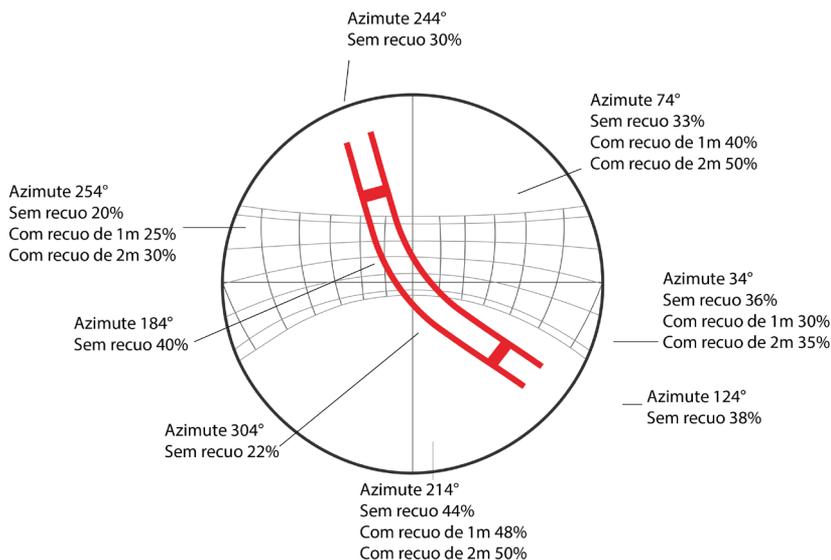
Fonte: Ceplan (2005).

Diretrizes de adequação para o Instituto Central de Ciências: alas e faces

As diretrizes de adequação para o Instituto Central de Ciências (ICC) são descritas segundo a localização por ala, bloco, face da edificação de acordo com seu azimute e pavimento (Figura 42).

Primeiramente, em alguns casos, dispõe-se sobre a posição ideal do brise existente, em seguida destaca-se o zoneamento de adequação sugerido e, enfim, descreve-se as estratégias passivas propostas para a edificação.

Figura 42: Porcentagem recomendada de aberturas nas fachadas. Taxas de WWR - *Window Wall Ratio*, segundo a orientação das faces do edifício



Fonte: Ceplan (2005).

Ala Sul – Bloco B – face externa Sudoeste (com protetores solares) AZIMUTE = 214°

Pavimento Subsolo

Estudo de proteção solar ideal para a fachada: *brise* existente na posição perpendicular.

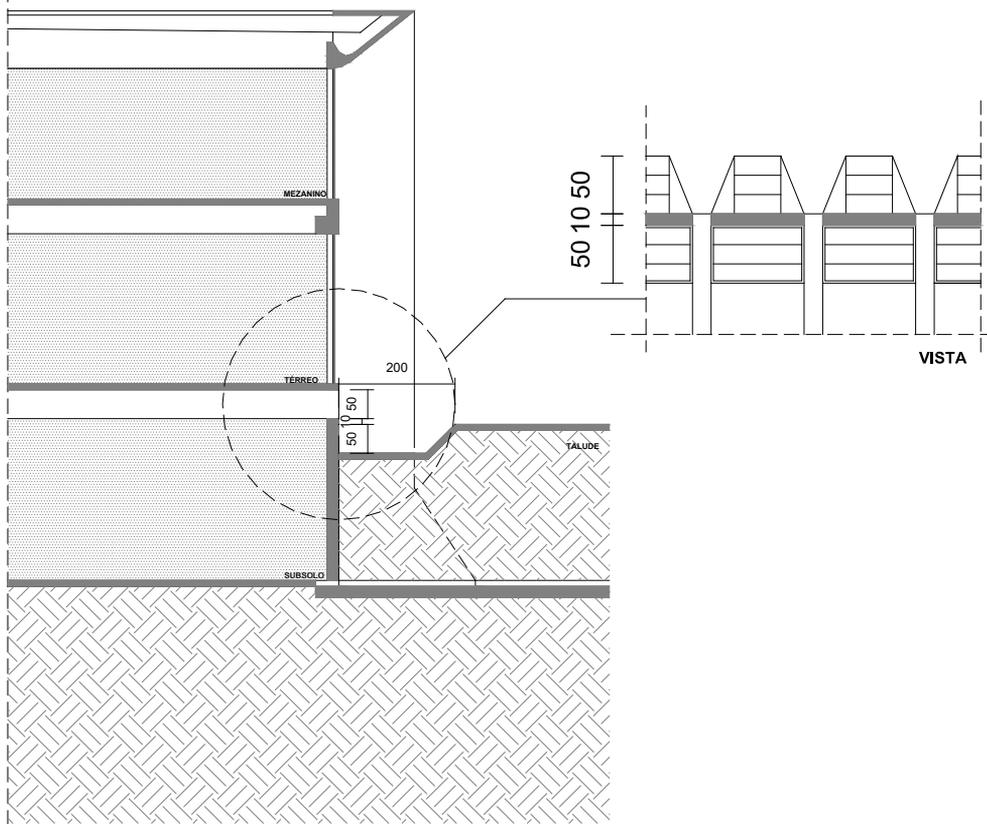
Zoneamento: Sala de Aula

Apesar de as simulações constatarem altas temperaturas (com cargas térmicas internas devido a ocupação) e pouca ventilação, a temperatura fica dentro dos limites de conforto. Portanto, deve-se manter a ocupação do subsolo nesta face como sala de aula com maior aproveitamento da luz natural, da ventilação, das condições de inércia térmica do subsolo e melhor adequação das condições de reverberação.

Estratégias passivas

1. Otimizar distribuição de pessoas, equipamentos e iluminação artificial, estimando a carga térmica (Quadro 8, Anexo A) quando do projeto dos ambientes. Localizar ambientes com maiores cargas térmicas na faixa mediterrânea.
2. Abrir taludes, onde possível, criando dutos de luz ou prateleiras de luz e para melhorar as condições de ventilação criar caixilhos com sistema de aberturas controladas.
3. O plantio de árvores (quadros 9 e 10, Anexo A) próximo a esta face externa como contribuição ao bloqueio da radiação solar nos pavimentos superiores deve levar em consideração a altura da copa para que não prejudique a iluminação natural no subsolo.
4. Renovação de ar – construir dutos de ventilação para a saída de ar nas vedações opostas em direção às jardineiras.

Figura 43: Protótipo – Talude lateral

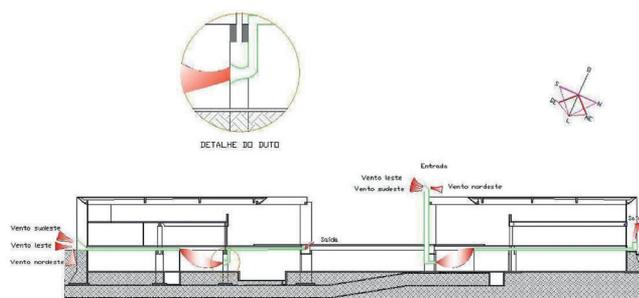


Fonte: Ceplan (2005).

1. Melhorar as condições de reverberação do ambiente, com forro absorvente e com materiais absorvedores para revestimentos de paredes e cadeiras:
 - Diminuição dos volumes internos e/ou a redução das reflexões e consequentes tempos de reverberação;
 - Essas diretrizes podem e devem ser administradas em conjunto, isto é, a aplicação de materiais de absorção sonora deve reduzir o volume interno também;
 - Em situações onde isto não for possível, os materiais absorvedores de som devem ser aplicados colados às superfícies internas;
 - Sempre que possível, as salas devem ser mobiliadas com poltronas e/ou cadeiras estofadas e, também, se possível, fixas ou com mobilidade mais controlada;
 - Cuidados para evitar ruídos de atritos dos pés com o chão, isto é, devem ter protetores plásticos nas pontas dos pés.

2. Prateleira de luz: instalar prateleiras de luz (de materiais reciclados pintada na cor branca produzida na Unidade de Reciclagem da UnB) nos caixilhos externos existentes com largura de 40 cm.

Figura 44: Corte transversal e Dutos de Ventilação



Fonte: Ceplan (2005).

Pavimento Térreo

Zoneamento: Sala de Aula

Deve-se manter a ocupação do térreo nesta face como sala de aula com maior aproveitamento da luz natural estabelecendo porcentagem de aberturas na fachada.

Estratégias Passivas

1. Fixar limites de carga térmica (ver Quadro 8, Anexo A) para a ocupação de salas de aula localizadas no térreo. Salas com computadores devem localizar-se no subsolo na faixa mediterrânea onde não há possibilidade de renovação de ar, dotando-as de ar-condicionado.
2. Controlar entrada da radiação direta com a posição ideal dos *brises* (perpendicular) e reduzindo a proporção de área envidraçada
3. Iluminação natural – otimizar com novas aberturas (ver quadros 11 e 12, Anexo A): dividir as vedações verticais em proporções que atendam as % de transparência e opacidade determinada; instalar elementos nas janelas para melhorar distribuição (prateleiras de luz, persianas ou venezianas com controle diferenciado), localizar aberturas na parte superior, não colocar área envidraçada abaixo do plano de trabalho.
4. Ventilação: aumentar aberturas existentes (frestas) conciliando com a % para o conforto luminoso e térmico.
5. Renovação de ar: construir sistema de aberturas tipo veneziana móvel basculante na outra extremidade da sala de aula (alvenaria do hall entre os auditórios) para permitir a retirada do ar quente e ao mesmo tempo possibilitar o fechamento devido aos ruídos externos.

6. Sistema de refrigeração por ventilação noturna: reduzindo a temperatura interna durante o dia e ventilando o edifício pela noite. Criar caixilhos com tamanho de vãos seguros que possam permanecer abertos durante à noite.
7. Plantio de árvores entre o corpo da edificação e o estacionamento ao longo de todo o ICC a uma distância de 10m. É aconselhável Oiti ou Amendoim-bravo para esta situação com espaçamento de 6 metros ou árvores (ver quadros 9 e 10, Anexo A) como Pequi e pimenta-de-macaco que suas mudas podem ser encontradas na NOVACAP.

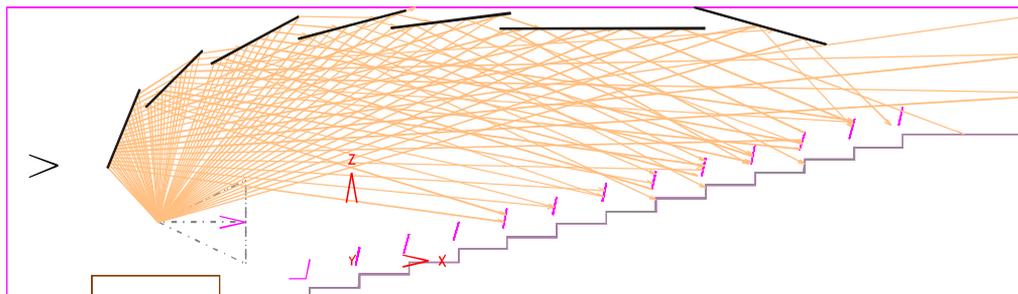
Zoneamento: anfiteatros

Diretrizes gerais de adequação:

- Diminuir o volume total do anfiteatro através de cortes na área do professor;
- Estes cortes devem ser em planta e em elevação;
- Direcionar as reflexões para pontos a partir do meio até a parte posterior da plateia;
- As três diretrizes iniciais devem ser combinadas e deve ser proposto um aproveitamento do volume cortado;
- No caso de o anfiteatro ser específico para palestras e aulas, deve-se reduzir também a profundidade da área do professor; 6,00m atuais são excessivos e perde-se muita energia sonora nesse espaço;
- As poltronas devem ser estofadas para que o Tempo de Reverberação (TR) seja o mesmo com a plateia completa ou não e com pranchetas que se levantam e abaixam;
- Devem ser aplicados materiais de absorção conforme os cálculos indiquem para uma parte do teto e para a parte posterior do auditório;
- Deve ser mudado o acesso criando-se uma antecâmara com portas duplas e trocando as portas atuais existentes;
- Devem ser fechadas as frestas e aplicado um sistema de climatização de ar;
- A iluminação deve ser definida em conjunto com o teto refletor para não ser elemento de absorção, nem ficar no campo visual causando ofuscamento;
- O paralelismo das paredes deve ser quebrado com elementos refletores para a parte do meio para as fileiras do fundo da plateia; com cuidados para não se ter ecos;
- O piso deve ser absorvedor de ruído de impacto, do tipo resiliente, vinílico ou emborrachado.

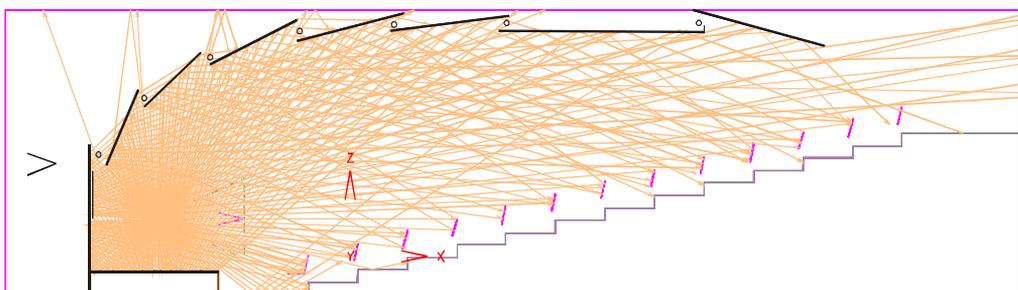
Apresentam-se, a seguir, simulações sobre um possível tratamento com a inclusão de refletores acústicos para direcionar as reflexões sonoras adequadamente (figuras 50 e 51).

Figura 45: Representação das reflexões sonoras oriundas apenas dos refletores (em corte) Situação proposta (Programa Ecotect)



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 46: Representação das reflexões sonoras dos raios diretos e refletidos (em corte) Situação proposta (Programa Ecotect)



Fonte: Ceplan (2005).

c) Pavimento Mezanino

Zoneamento: Sala de professor

Apesar de a temperatura ultrapassar os limites de conforto em alguns casos na parte da tarde, a localização das salas dos professores no mezanino se faz necessário por estar numa zona com menos ruído. Os *brises* (perpendiculares) estão situados na posição correta, evitando a penetração direta na face, não sendo necessário o recuo para a nova vedação vertical. No entanto, há necessidade de se reduzir a proporção de área envidraçada (contrastes de iluminâncias acima do recomendado, visão da abóbada celeste), melhorar as condições de ventilação e diminuir os ganhos de calor pela cobertura e instalar novas vedações verticais com bom isolamento acústico.

Estratégias Passivas

1. *Brises* – afastá-los do corpo da edificação (ideal 60 cm) – menos calor transmitido por condução e ameniza o efeito da radiação do infravermelho longo (ver Quadro 13, Anexo A).

2. Reduzir a proporção de área envidraçada – criar uma outra pele com painéis acústicos e caixilhos com vidro e veneziana (40% de WWR - opacidade e transparência).
3. Iluminação natural – nova vedação vertical: localizar aberturas no alto; instalar elementos nas janelas para melhorar distribuição (prateleiras de luz, persianas ou venezianas com controle diferenciado), localizar aberturas na parte superior e não colocar área envidraçada abaixo do plano de trabalho (ver Quadro 12, Anexo A).
4. Renovação de ar: construir sistema de aberturas tipo veneziana móvel basculante na outra extremidade da sala de professor (alvenaria do *hall* entre os auditórios), para permitir a retirada do ar quente e ao mesmo tempo possibilitar o fechamento devido aos ruídos externos.
5. *Layout* com circulação interna e portas tipo venezianas móveis (pele dupla sem recuo). Dimensões das salas 3,0 x 5,5.
6. Sistema de refrigeração por ventilação noturna: criar caixilhos com tamanho de vãos seguros que possam permanecer abertos durante a noite para permitir armazenamento suficiente de frio noturno.
7. Cobertura – o acréscimo de isolantes, medidas de ventilação e a superposição de coberturas leves em materiais de baixa emissividade calorífica e/ou a boa resistência ao fluxo de calor aumentam as possibilidades de se obter o conforto térmico. Ordem lógica dos procedimentos de fora para dentro: sombra externa e reflexão da radiação.
8. Isolamento termoacústico – substituir divisórias existentes por vedações com melhor desempenho termoacústico. A aplicação de um forro absorvente, além de deixar a reverberação próxima ao valor ideal, baixaria o nível de ruído que entra pelos fechamentos verticais:
 - As reduções de volume devem ser feitas conjuntamente com as interferências para aumentar a absorção interna do som;
 - A aplicação de material resiliente no piso é aconselhável desde que isto seja adequado ao uso específico do laboratório;
 - As aberturas que possam ser implantadas sem prejuízo do isolamento (faces que não recebem ruídos intoleráveis) também devem ser consideradas como interferências para diminuir as reflexões sono.

Ala Sul - Bloco B – face externa Nordeste AZIMUTE 34º

- Estudo de proteção solar ideal para a fachada: beiral existente e aumento da área opaca da parede.
- Fachada com maior incidência de radiação solar, porém, no mezanino há proteção da marquise (máscara de sombra), e no subsolo as aberturas foram fechadas.

Pavimento Subsolo

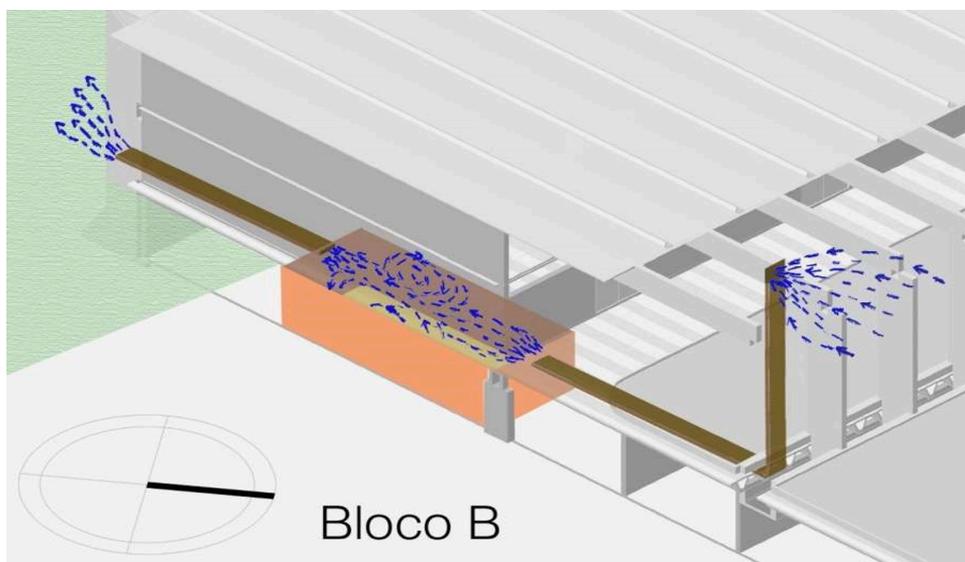
Zoneamento: Sala de Aula

- Sala de aula com equipamentos – informática
- Faixa mediterrânea – não há face externa – iluminação zenital localizada nas jardineiras (fechadas).

Estratégias passivas

1. Renovação de ar: dutos e captadores de ventos (ver Figura 47).
2. Sala com computadores devem se localizar no subsolo na faixa mediterrânea onde não há possibilidade de renovação de ar. Se as salas localizadas nesta faixa não ultrapassarem o limite de carga térmica estabelecida, deve-se usar como estratégia passiva de ventilação captadores de ventos verticais (ver Figura 47).
3. Abrir vãos dentro das jardineiras para melhorar a iluminação natural.
4. Reduzir a porcentagem de área envidraçada no térreo e mezanino (*Window Wall Ratio - WWR*): substituir vedações existentes de vidro aramado por vedações com isolamento termoacústico de agregado reciclado (tecnologia UnB) e caixilhos com vidro e veneziana, respeitando a modulação existente. A área envidraçada deve ser reduzida para 26% no térreo e 35% no mezanino (já existe o recuo de 2 m no mezanino).

Figura 47: Passagem de vento através de dutos de captação dos ventos leste predominantes



Fonte: Ceplan (2005).

Pavimento Térreo

Zoneamento: Sala de Aula – Auditórios

Estratégias Passivas:

1. Bloquear a radiação solar no térreo na circulação externa aos auditórios com protetores semiopacos – trepadeiras com aletas de pré-moldado (ver Anexo A). Vegetação indicada: Flor-de-são-joão (*Pyrostegia venusta*), semilenhosa regional com flores cor alaranjada (mais difícil de ser encontrada); *Tumbergia ereta* (manto-rei) de flor azul intenso; *Thumbergia mysorensis* (sapatinho-de-judia) flores amarelas; *Thumbergia grandiflor* (flor azul mais comum cresce muito rápido e fácil de encontrar).

Pavimento Mezanino

Zoneamento: Sala de Professor

Apesar de a temperatura ultrapassar os limites de conforto nas salas analisadas, a localização das salas dos professores no mezanino se faz necessário por estar numa zona com menos ruído. No entanto, faz-se necessário trocar as divisórias existentes por novas vedações com bom isolamento termoacústico, reduzir a proporção de área envidraçada (vidro aramado pintado com pouco aproveitamento da luz natural), melhorar as condições de ventilação (não há aberturas) e diminuir os ganhos de calor pela cobertura.

Estratégias passivas

1. Aumentar as dimensões da sala em relação às existentes (muito pequenas) para 3,0 x 5,5 m.
2. Iluminação natural – nova vedação vertical: localizar aberturas no alto; instalar elementos nas janelas para melhorar distribuição (prateleiras de luz, persianas ou venezianas com controle diferenciado), localizar aberturas na parte superior, não colocar área envidraçada abaixo do plano de trabalho.
3. Ventilação: aumentar aberturas existentes (frestas), conciliando com a % para o conforto luminoso (20% de WWR - opacidade e transparência, como a marquise protege o mezanino esta proporção pode ser aumentada).
4. Renovação de ar: construir sistema de aberturas tipo veneziana móvel basculante na outra extremidade da sala de professor (circulação interna) para permitir a retirada do ar quente e ao mesmo tempo possibilitar o fechamento devido aos ruídos externos.
5. Portas tipo venezianas móveis para a circulação de ar.

6. Sistema de refrigeração por ventilação noturna: criar caixilhos com tamanho de vãos seguros que possam permanecer abertos durante a noite. Do ponto de vista climático, a ventilação resfriadora noturna seria preferível à ventilação de conforto em regiões onde as temperaturas diurnas no verão estejam acima do limite superior da zona de conforto – com uma velocidade do ar interna de aproximadamente 1.5 m/s. Esta estratégia é aplicável especialmente em regiões que a temperatura diurna está entre 32 e 36°C, e a temperatura noturna seja de (ou menor que) 20°C (para permitir armazenamento suficiente de frio noturno).
7. *Layout* com circulação interna e portas tipo venezianas móveis (pele dupla sem recuo). Dimensões das salas 3,0 x 5,5.
8. Cobertura – o acréscimo de isolantes, medidas de ventilação e a superposição de coberturas leves em materiais de baixa emissividade calorífica e/ou a boa resistência ao fluxo de calor aumentam as possibilidades de se obter o conforto térmico. Ordem lógica dos procedimentos de fora para dentro: sombra externa e reflexão da radiação.
9. Isolamento termoacústico – substituir divisórias existentes por vedações com melhor desempenho termo-acústico.

A necessidade de isolamento fica amenizada quando se tem menor quantidade de reflexões sonoras internas, tanto dos ruídos internos quanto dos externos. Propõem-se, portanto:

- Aumentar a absorção sonora dentro das salas, especialmente com a aplicação de material absorvedor sonoro no teto;
- Colocar material absorvedor sonoro no teto dos corredores de circulação ou espaços externos de acesso; se possível buscar resultados de salas medianamente surdas;
- Aumentar o isolamento das paredes divisórias de salas contíguas, mas cuidar da relação com as aberturas de modo a impedir a transmissão do som por elas;
- No caso de necessidade de maior privacidade, as portas e janelas devem vedar a transmissão do som conforme a vedação proporcionada pelas paredes; com aplicação de selamento das frestas este efeito é mais possível de ser obtido;
- Cuidados com dutos de transmissão de som de sala a sala.

Ala Sul - Bloco A – face externa Nordeste (com protetores solares) AZIMUTE 34°

- Estudo de proteção solar ideal para a fachada: proteção horizontal com ângulo de 50° ou recuo, *brise* existente na posição perpendicular e aumento da área opaca da parede.
- Fachada com maior incidência de radiação solar.

Pavimento Subsolo

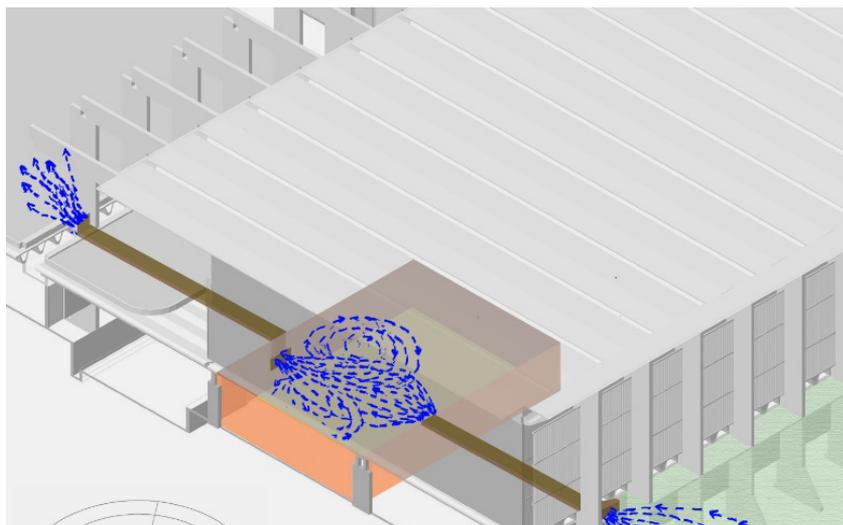
Zoneamento: Sala de Aula

A temperatura ultrapassa os limites de conforto (com cargas térmicas internas devido à ocupação) e pouca ventilação. Portanto, deve-se manter a ocupação do subsolo nesta face como sala de aula com maior aproveitamento da luz natural, da ventilação, das condições de inércia térmica do subsolo e melhor adequação das condições de reverberação.

Estratégias passivas

1. Otimizar distribuição de pessoas, equipamentos e iluminação artificial, estimando a carga térmica quando do projeto dos ambientes. Localizar ambientes com maiores cargas térmicas na faixa meridional.
2. Abrir taludes, onde possível, criando dutos de luz ou prateleiras de luz e para melhorar as condições de ventilação criar caixilhos com sistema de aberturas controladas (ver Figura 43).
3. O plantio de árvores próximo a esta face externa como contribuição ao bloqueio da radiação solar nos pavimentos superiores deve levar em consideração a altura da copa para que não prejudique a iluminação natural no subsolo (ver quadros 9 e 10, Anexo A).
4. Renovação de ar – construir dutos de ventilação para a saída de ar nas vedações opostas em direção às jardineiras. Temperaturas elevadas devido aos laboratórios de informática nesta região no subsolo.
5. Dutos de ventos: quando os ambientes forem destinados a salas de aula (sem computadores), construir dutos de ventilação na face nordeste com a boca de captação voltada para leste e sudeste atravessado todo o bloco A até o ambiente. Instalar saída de ar na outra extremidade com a boca voltada para noroeste nos jardins do térreo (ver Figura 48).
6. Melhorar as condições de reverberação do ambiente, com materiais absorvedores para revestimentos de paredes e cadeiras.
7. Jardim interno de 2 m no subsolo: recuo de 2m com caixilhos de vidro (ver figuras 49-50).

Figura 48: Dutos de ventilação



Fonte Ceplan (2005).

Figuras 49-50: Jardim-modelo no pavimento subsolo.
(Sala de pesquisa e pós-graduação)



Fonte: Ceplan (2005).

Pavimento Térreo

Zoneamento: Sala de Professor

Existe um grande número de sala de professores no térreo, apesar de não ser a melhor localização. O ideal é transformar esses espaços em salas de ensino.

Os *brises* nesta face (perpendiculares) necessitam ser posicionados na posição correta, evitando a penetração direta na face, sendo necessário o recuo para a nova vedação vertical (por se tratar da face com maior incidência da radiação solar) com redução da proporção de área envidraçada (contrastes de iluminâncias acima do recomendado, visão da abóbada celeste). Melhorar as condições de ventilação e instalar novas vedações verticais com bom isolamento acústico.

Estratégias passivas

1. *Brisas* – afastá-los do corpo da edificação (ideal 60 cm) - menos calor transmitido por condução e ameniza o efeito da radiação do infravermelho longo.
2. Controlar entrada da radiação direta com a posição ideal dos *brises* e reduzindo a proporção de área envidraçada.
3. Reduzir a proporção de área envidraçada – criar uma outra pele com painéis acústicos e caixilhos com vidro e veneziana (20% de WWR - opacidade e transparência).
4. Iluminação natural – novo painel: localizar aberturas no alto; instalar elementos nas janelas para melhorar distribuição (prateleiras de luz, persianas ou venezianas com controle diferenciado); localizar aberturas no alto; não colocar área envidraçada abaixo do plano de trabalho.
5. Renovação de ar: construir sistema de aberturas tipo veneziana móvel basculante na outra extremidade da sala de aula (alvenaria do *hall* entre os auditórios) para permitir a retirada do ar quente e ao mesmo tempo possibilitar o fechamento devido aos ruídos externos.
6. *Layout* com circulação interna e portas tipo venezianas móveis (pele dupla com recuo de 1 m) ou *layout* com circulação na face externa e divisória interna espaço tampão com armário e ventilação móvel na parte superior. Sala com dimensões de 3,0 x 5,5 m.
7. Sistema de refrigeração por ventilação noturna: reduzindo a temperatura interna durante o dia e ventilando o edifício pela noite. Criar caixilhos com tamanho de vãos seguros que possam permanecer abertos durante a noite.
8. Plantio de árvores entre o corpo da edificação e o estacionamento ao longo de todo o ICC a uma distância de 10 m. É aconselhável Oiti ou Amendoim-bravo para esta situação com espaçamento de 16 metros, ou árvores como Pequi e pimenta-de-macaco, mudas que podem ser encontradas na NOVACAP.
9. Prateleira de luz: instalar prateleiras de luz (de materiais reciclados pintada na cor branca, tecnologia da UnB) nos caixilhos externos existentes com largura de 40 cm. Aconselhável até o recuo de 1 m (ver Anexo A).

Pavimento Mezanino

Zoneamento: Sala de professor

A localização das salas dos professores no mezanino se faz necessário por estar numa zona com menos ruído. Os *brises* nesta face (perpendiculares) necessitam estar na posição correta, evitando a penetração direta na face, sendo preciso o recuo para a nova vedação vertical (por se tratar da face com maior incidência da radiação solar) com redução da proporção de área envidraçada (contrastes de iluminâncias acima do recomendado,

visão da abóbada celeste). Melhorar as condições de ventilação, diminuir os ganhos de calor pela cobertura e instalar novas vedações verticais com bom isolamento acústico.

Estratégias passivas

1. *Brises* – afastá-los do corpo da edificação (ideal 60 cm) – menos calor transmitido por condução ameniza o efeito da radiação do infravermelho longo. Posiciona-os com a angulação correta.
2. Reduzir a proporção de área envidraçada – criar uma outra pele com painéis acústicos e caixilhos com vidro e veneziana (20% de WWR - opacidade e transparência).
3. Iluminação natural – nova vedação vertical: localizar aberturas no alto; instalar elementos nas janelas para melhorar distribuição (prateleiras de luz, persianas ou venezianas com controle diferenciado); localizar aberturas na parte superior; não colocar área envidraçada abaixo do plano de trabalho.
4. Renovação de ar: construir sistema de aberturas tipo veneziana móvel basculante na outra extremidade da sala de professor (alvenaria do *hall* entre os auditórios) para permitir a retirada do ar quente, e, ao mesmo tempo, possibilitar o fechamento devido aos ruídos externos.
5. *Layout* com circulação interna e portas tipo venezianas móveis (pele dupla com recuo de 1m) ou *layout* com circulação na face externa (2 m) e divisória interna espaço tampão com armário e ventilação móvel na parte superior. Sala com dimensões de 3,0 x 5,5 m. Se houver o recuo:
 - Recuo de 1 m com jardineiras: com circulação interna e portas tipo venezianas móveis e novas vedações com isolamento termoacústico de agregado reciclado (48% de transparência) (ver figuras 51 a 53).
 - Recuo de 2 m com circulação na face externa: vedação com isolamento termoacústico de agregado reciclado (50% transparência). Espaço tampão com armário e ventilação móvel na parte superior. Sala com dimensões de 3,0 x 5,5 m no mezanino (ver figuras 52, e 54).
6. Sistema de refrigeração por ventilação noturna: criar caixilhos com tamanho de vãos seguros que possam permanecer abertos durante a noite. Ventilação resfriadora noturna é melhor do que a ventilação de conforto em regiões onde as temperaturas diurnas no verão estejam acima do limite superior da zona de conforto – com uma velocidade do ar interna de aproximadamente 1.5 m/s. Esta estratégia é aplicável especialmente em regiões que a temperatura diurna está entre 32 e 36°C e a temperatura noturna seja de (ou menor que) 20 °C.
7. Cobertura – o acréscimo de isolantes, medidas de ventilação e a superposição de coberturas leves em materiais de baixa emissividade calorífica e/ou a boa resistência

- ao fluxo de calor aumentam as possibilidades de se obter o conforto térmico. Ordem lógica dos procedimentos de fora para dentro: sombra externa e reflexão da radiação.
8. Isolamento termoacústico – substituir divisórias existentes por vedações com melhor desempenho termo-acústico.

Figura 51: Recuo de 1 m às 10h



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 52: Recuo de 2 m às 10h



Fonte: Ceplan (2005).

Ala Sul - Bloco A – face externa Sudoeste AZIMUTE 214º

Figura 53: Recuo de 1 m às 15h



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 54: Recuo de 2 m às 15h



Fonte: Ceplan (2005).

Estudo de proteção solar ideal para a fachada: beiral existente e aumento da área opaca da parede.

Pavimento Subsolo

Zoneamento: Sala de Aula

Faixa mediterrânea com equipamentos – informática; não há face externa; iluminação zenital localizada nas jardineiras (fechadas).

Estratégias passivas

1. Sala com computadores devem se localizar no subsolo na faixa mediterrânea, onde não há possibilidade de renovação de ar. Se as salas localizadas nesta faixa não ultrapassarem o limite de carga térmica estabelecida, deve-se usar como estratégia passiva de ventilação captadores de ventos verticais (ver Figura 47).
2. Renovação de ar: dutos e captadores de ventos.
3. Abrir vãos dentro das jardineiras para melhor a iluminação natural.
4. Reduzir a porcentagem de área envidraçada no térreo e mezanino (*Window Wall Ratio* - WWR): substituir vedações existentes de vidro aramado por vedações com isolamento termoacústico de agregado reciclado (Tecnologia UnB) e caixilhos com vidro e veneziana, respeitando a modulação existente. A área envidraçada deve ser reduzida para 44 % no térreo e 50% no mezanino (já existe o recuo de 2 m no mezanino).
5. Prateleira de luz: instalar prateleiras de luz (de materiais reciclados pintada na cor branca produzida na Unidade de Reciclagem da UnB) nas novas vedações fixadas no caixilho com largura de 40 cm (ver Anexo A).

Pavimento Térreo

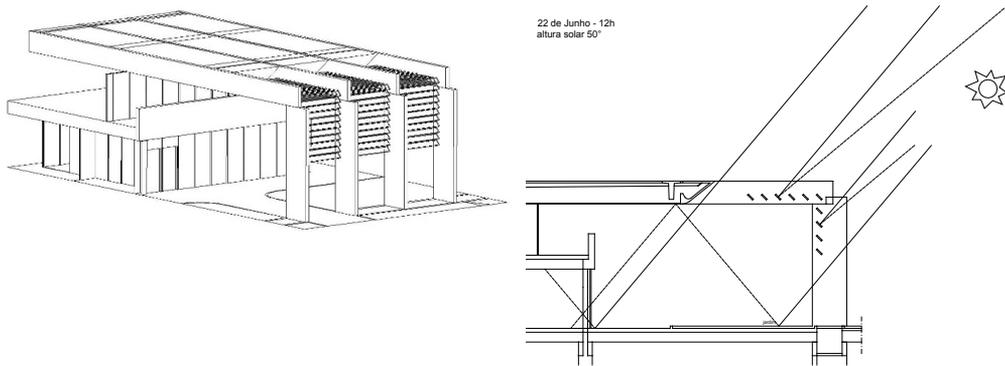
Zoneamento: Sala de Aula e Administração

Apesar de a temperatura ultrapassar os limites de conforto nas salas analisadas, a localização das salas de aula no térreo se faz necessário por estar numa região de fácil acesso. No entanto, faz-se necessário trocar as divisórias existentes por novas vedações com bom isolamento termoacústico, bloquear a radiação solar com protetores semiopacos (vegetação), reduzir a proporção de área envidraçada (vidro aramado pintado com pouco aproveitamento da luz natural) e melhorar as condições de ventilação (não há aberturas).

Estratégias passivas

1. Bloquear a radiação solar no térreo na circulação externa aos auditórios com protetores semiopacos – trepadeiras com aletas de pré-moldado (ver figuras 55 e 56). Vegetação indicada: Flor-de-são-joão (*Pyrostegia venusta*), semilenhosa regional com flores cor alaranjada (mais difícil de ser encontrada); *Thumbergia ereta* (manto-rei) de flor azul intenso; *Thumbergia mysorensis* (sapatinho-de-judia) flores amarelas; *Thumbergia grandiflor* (flor azul mais comum, cresce muito rápido e fácil de encontrar) (ver Anexo A).

Figuras 55-56: Protetores semiopacos - pergolado para vegetação



Fonte: Ceplan (2005).

2. Iluminação Natural – nova vedação vertical: localizar aberturas no alto; instalar elementos nas janelas para melhorar distribuição (prateleiras de luz, persianas venezianas com controle diferenciado); localizar aberturas na parte superior; não colocar área envidraçada abaixo do plano de trabalho.
3. Ventilação: aumentar aberturas existentes conciliando com a % para o conforto luminoso (40% de WWR - opacidade e transparência, como a marquise protege o mezanino esta proporção pode ser aumentada).
4. Renovação de ar: construir sistema de aberturas tipo veneziana móvel basculante na outra extremidade da sala de professor (circulação interna), para permitir a retirada do ar quente e ao mesmo tempo possibilitar o fechamento devido aos ruídos externos.

Pavimento Mezanino

Zoneamento: Sala de professor

Apesar de a temperatura ultrapassar os limites de conforto nas salas analisadas, a localização das salas dos professores no mezanino se faz necessário por estar numa zona com menos ruído. Entretanto, faz-se necessário trocar as divisórias existentes por novas vedações com bom isolamento termoacústico, bloquear a radiação solar com protetores semiopacos (vegetação), reduzir a proporção de área envidraçada (vidro aramado pintado com pouco aproveitamento da luz natural), melhorar as condições de ventilação (não há aberturas) e diminuir os ganhos de calor pela cobertura.

Estratégias passivas

1. Aumentar as dimensões da sala em relação às existentes (muito pequenas) para 3,0 x 5,5 m.
2. Iluminação natural – nova vedação vertical: localizar aberturas no alto; instalar elementos nas janelas para melhorar distribuição (prateleiras de luz, persianas ou venezianas com controle diferenciado), localizar aberturas na parte superior e não colocar área envidraçada abaixo do plano de trabalho.
3. Ventilação: aumentar aberturas existentes (frestas) conciliando com a % para o conforto luminoso (40% de WWR – opacidade e transparência, como a marquise protege um pouco o mezanino esta proporção pode ser aumentada).
4. Renovação de ar: construir sistema de aberturas tipo veneziana móvel basculante na outra extremidade da sala de professor (circulação interna), para permitir a retirada do ar quente e ao mesmo tempo possibilitar o fechamento devido aos ruídos externos.
5. *Layout* com circulação interna e portas tipo venezianas móveis (pele dupla sem recuo). Dimensões das salas 3,0 x 5,5.
6. Sistema de refrigeração por ventilação noturna: criar caixilhos com tamanho de vãos seguros que possam permanecer abertos durante a noite. Desde o ponto de vista climático, a ventilação resfriadora noturna seria preferível à ventilação de conforto em regiões onde as temperaturas diurnas no verão estejam acima do limite superior da zona de conforto – com uma velocidade do ar interna de aproximadamente 1.5 m/s. Esta estratégia é aplicável especialmente em regiões que a temperatura diurna está entre 32 e 36°C e a temperatura noturna seja de (ou menor que) 20°C (para permitir armazenamento suficiente de frio noturno).
7. Protetores solares semiopacos (aletas e vegetação). Devem ser posicionados de acordo com a angulação solar (ver Anexo A).
8. Cobertura – o acréscimo de isolantes, medidas de ventilação e a superposição de coberturas leves em materiais de baixa emissividade calorífica e/ou a boa resistência ao fluxo de calor aumentam as possibilidades de se obter o conforto térmico. Ordem lógica dos procedimentos de fora para dentro: sombra externa e reflexão da radiação.
9. Isolamento termo-acústico – substituir divisórias existentes por vedações com melhor desempenho termo-acústico.

Ala Norte – Bloco B – face externa Sudoeste (quase Oeste) AZIMUTE 254°

Estudo de proteção solar ideal para a fachada: proteção horizontal com ângulo de 60° ou recuo e *brise* com inclinação de 15° no sentido anti-horário. Fachada com maior incidência de radiação solar.

Pavimento Subsolo

Zoneamento: Sala de Aula

Apesar de a simulação constatar altas temperaturas (com cargas térmicas internas devido a ocupação) e pouca ventilação, a temperatura fica dentro dos limites de conforto. Portanto, deve-se manter a ocupação do subsolo nesta face como sala de aula com maior aproveitamento da luz natural, da ventilação, das condições de inércia térmica do subsolo e melhor adequação das condições de reverberação.

Estratégias passivas

1. Otimizar distribuição de pessoas, equipamentos e iluminação artificial, estimando a carga térmica quando do projeto dos ambientes. Localizar ambientes com maiores cargas térmicas na faixa meridional.
2. Abrir taludes, onde possível, criando dutos de luz ou prateleiras de luz e para melhorar as condições de ventilação; criar caixilhos com sistema de aberturas controladas.
3. O plantio de árvores próximo a esta face externa como contribuição ao bloqueio da radiação solar nos pavimentos superiores deve levar em consideração a altura da copa para que não prejudique a iluminação natural no subsolo.
4. Renovação de ar – construir dutos de ventilação para a saída de ar nas vedações opostas em direção às jardineiras.
5. Melhorar as condições de reverberação do ambiente, com materiais absorvedores para revestimentos de paredes e cadeiras.
6. Reduzir a porcentagem de área envidraçada no térreo e no mezanino (*Window Wall Ratio - WWR*): criar uma outra pele com vedações termoacústicas e caixilhos com vidro e veneziana.
7. *Layout*: é recomendável o recuo da face. Se não houver o recuo, a área envidraçada deve ser reduzida para 20% de transparência. Recuo de 1 m com jardineiras: com circulação interna e portas tipo venezianas móveis e novas vedações com isolamento termoacústico de agregado reciclado (25% de transparência). Recuo de 2 m com circulação na face externa: vedação de painel com isolamento termoacústico de agregado reciclado (30% de transparência). Espaço tampão com armário e ventilação móvel na parte superior. Sala com dimensões de 3,0 x 5,5 m no mezanino.
8. Prateleira de luz: instalar prateleiras de luz (de materiais reciclados pintada na cor branca produzida na Unidade de Reciclagem da UnB) nos caixilhos externos existentes com largura de 40 cm (ver Anexo A).

Figura 57: De árvores ao longo da face externa do edifício



Fonte: CEPLAN (2005).

Pavimento Térreo

Zoneamento: Sala de Aula

Apesar de a simulação constatar altas temperaturas (com cargas térmicas internas devido à ocupação) e pouca ventilação, a temperatura fica dentro dos limites de conforto. Portanto, deve-se manter a ocupação do térreo nesta face como sala de aula com maior aproveitamento da luz natural, estabelecendo porcentagem de aberturas na fachada.

Estratégias passivas

1. Fixar limites de carga térmica para a ocupação de salas de aula localizadas no térreo. Sala com computadores devem se localizar no subsolo, na faixa mediterrânea, onde não há possibilidade de renovação de ar.
2. Controlar entrada da radiação direta com a posição ideal dos *brises* (perpendicular) e reduzindo a proporção de área envidraçada.
3. Iluminação natural – otimizar com novas aberturas: dividir janelas em parte baixa e parte alta; instalar elementos nas janelas para melhorar distribuição (prateleiras de luz, persianas ou venezianas com controle diferenciado); localizar aberturas na parte superior; não colocar área envidraçada abaixo do plano de trabalho.
4. Ventilação: aumentar aberturas existentes (frestas) conciliando com a % para o conforto luminoso.

5. Renovação de ar: construir sistema de aberturas tipo veneziana móvel basculante na outra extremidade da sala de aula (alvenaria do *hall* entre os auditórios) para permitir a retirada do ar quente e ao mesmo tempo possibilitar o fechamento devido aos ruídos externos.
6. Sistema de refrigeração por ventilação noturna: reduzindo a temperatura interna durante o dia e ventilando o edifício pela noite. Criar caixilhos com tamanho de vãos seguros que possam permanecer abertos durante a noite.
7. Plantio de árvores entre o corpo da edificação e o estacionamento ao longo de todo o ICC a uma distância de 10 m. É aconselhável Oiti ou Amendoim-bravo para esta situação com espaçamento de 16 metros, ou árvores como Pequi e Pimenta-de-macaco, mudas que podem ser encontradas na NOVACAP (ver Figura 57).

Pavimento Mezanino

Zoneamento: Sala de professor

Apesar de a temperatura ultrapassar os limites de conforto em alguns casos na parte da tarde, a localização das salas dos professores no mezanino se faz necessário por estar numa zona com menos ruído. Os *brises* nesta face (perpendiculares) necessitam ser posicionados na posição correta, evitando a penetração direta na face, sendo necessário o recuo para a nova vedação vertical (por se tratar da face com maior incidência da radiação solar) com redução da proporção de área envidraçada (contrastes de iluminâncias acima do recomendado, visão da abóbada celeste). Melhorar as condições de ventilação, diminuir os ganhos de calor pela cobertura e instalar novas vedações verticais com bom isolamento acústico

Estratégias passivas

1. *Brises* – afastá-los do corpo da edificação (ideal 60 cm) – menos calor transmitido por condução e ameniza o efeito da radiação do infravermelho longo.
2. Reduzir a proporção de área envidraçada – criar uma outra pele com painéis acústicos e caixilhos com vidro e veneziana.
3. Iluminação natural – nova vedação vertical: localizar aberturas no alto; instalar elementos nas janelas para melhorar distribuição (prateleiras de luz, persianas ou venezianas com controle diferenciado), localizar aberturas na parte superior; não colocar área envidraçada abaixo do plano de trabalho.
4. Renovação de ar: construir sistema de aberturas tipo veneziana móvel basculante na outra extremidade da sala de professor (alvenaria do *hall* entre os auditórios) para permitir a retirada do ar quente e ao mesmo tempo possibilitar o fechamento devido aos ruídos externos.

5. *Layout* com circulação interna e portas tipo venezianas móveis (pele dupla com recuo de 1 m), ou *layout* com circulação na face externa e divisória interna espaço tampão com armário e ventilação móvel na parte superior. Sala com dimensões de 3,0 x 5,5 m.
6. Sistema de refrigeração por ventilação noturna: criar caixilhos com tamanho de vãos seguros que possam permanecer abertos durante a noite. Desde o ponto de vista climático, a ventilação resfriadora noturna seria preferível à ventilação de conforto em regiões onde as temperaturas diurnas no verão estejam acima do limite superior da zona de conforto – com uma velocidade do ar interna de aproximadamente 1.5 m/s. Esta estratégia é aplicável especialmente em regiões que a temperatura diurna está entre 32 e 36°C e a temperatura noturna seja de (ou menor que) 20°C (para permitir armazenamento suficiente de frio noturno).
7. Cobertura – o acréscimo de isolantes, medidas de ventilação e a superposição de coberturas leves em materiais de baixa emissividade calorífica e/ou a boa resistência ao fluxo de calor aumentam as possibilidades de se obter o conforto térmico. Ordem lógica dos procedimentos de fora para dentro: sombra externa e reflexão da radiação (ver Figura 58).
8. Isolamento termoacústico – substituir divisórias existentes por vedações com melhor desempenho termo-acústico.

Figura 58: Coberturas leves nos jardins para abrigar atividades de convívio



Fonte: Ceplan (2005).

Ala Norte – Bloco B – face externa Nordeste (quase Leste) AZIMUTE 74°

Estudo de proteção solar ideal para a fachada: beiral existente e aumento da área opaca da parede.

Pavimento Subsolo

Zoneamento: Sala de Aula com equipamentos – informática

Faixa mediterrânea – não há face externa – iluminação zenital localizada nas jardineiras (fechadas).

Estratégias passivas

1. Sala com computadores devem se localizar no subsolo na faixa mediterrânea onde não há possibilidade de renovação de ar. Se as salas localizadas nesta faixa não ultrapassarem o limite de carga térmica estabelecida, deve-se usar como estratégia passiva de ventilação captadores de ventos verticais.
2. Renovação de ar: dutos e captadores de ventos.
3. Abrir vãos dentro das jardineiras para melhorar a iluminação natural.
4. Reduzir a porcentagem de área envidraçada no térreo e mezanino (*Window Wall Ratio* - WWR): substituir vedações existentes de vidro aramado por vedações com isolamento termoacústico de agregado reciclado (tecnologia UnB) e caixilhos com vidro e veneziana, respeitando a modulação existente. A área envidraçada deve ser reduzida para 33% no térreo e 50% no mezanino (já existe o recuo de 2 m no mezanino).
5. Prateleira de luz: instalar prateleiras de luz (de materiais reciclados pintada na cor branca produzida na Unidade de Reciclagem da UnB) nos novos painéis fixados no caixilho com largura de 40 cm (ver Anexo A).

Pavimento térreo

Zoneamento: Sala de Aula

Apesar de a simulação constatar altas temperaturas (com cargas térmicas internas devido à ocupação) e pouca ventilação, a temperatura fica dentro dos limites de conforto. Portanto, deve-se manter a ocupação do térreo nesta face como sala de aula com maior aproveitamento da luz natural estabelecendo porcentagem de aberturas na fachada.

Estratégias passivas

Bloquear a radiação solar no térreo na circulação externa aos auditórios com protetores semiopacos – trepadeiras com aletas de pré-moldado (ver Figura 55). Vegetação indicada: Flor-de-são-joão (*Pyrostegia venusta*), semilenhosa regional com flores cor alaranjada (mais difícil de ser encontrada); *Tumbergia ereta* (manto-rei) de flor azul intenso; *Thumbergia*

mysorensis (sapatinho-de-judia) flores amarelas; *Thumbergia grandiflor* (flor azul mais comum, cresce muito rápido e fácil de encontrar) (ver Anexo A).

Pavimento Mezanino

Zoneamento: Sala de professor

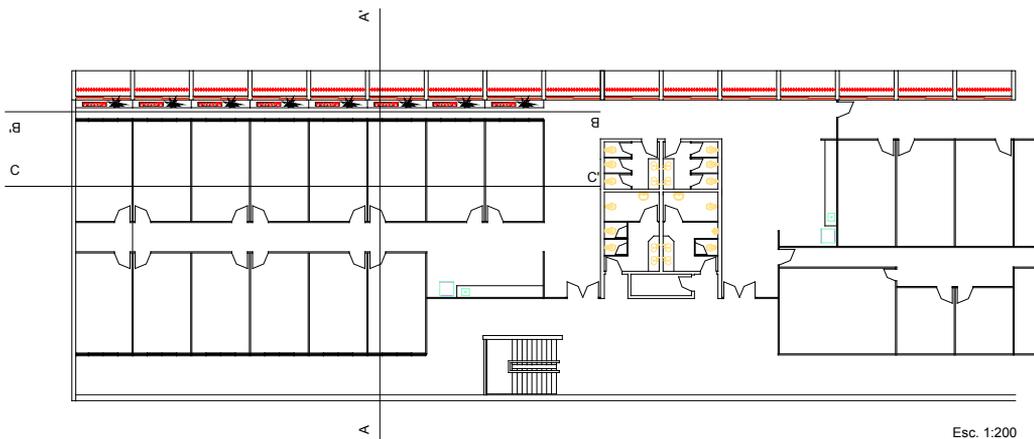
Apesar de a temperatura ultrapassar os limites de conforto nas salas analisadas, a localização das salas dos professores no mezanino se faz necessário por estar numa zona com menos ruído. No entanto, faz-se necessário trocar as divisórias existentes por novas vedações com bom isolamento termoacústico, reduzir a proporção de área envidraçada (vidro aramado pintado com pouco aproveitamento da luz natural), melhorar as condições de ventilação (não há aberturas) e diminuir os ganhos de calor pela cobertura.

Estratégias passivas

1. Aumentar as dimensões da sala em relação às existentes (muito pequenas) para 3,0 x 5,5 m.
2. Iluminação natural – nova vedação vertical: localizar aberturas no alto; instalar elementos nas janelas para melhorar distribuição (prateleiras de luz, persianas ou venezianas com controle diferenciado), localizar aberturas na parte superior e não colocar área envidraçada abaixo do plano de trabalho.
3. Ventilação: aumentar aberturas existentes (frestas), conciliando com a % para o conforto luminoso (40% de WWR – opacidade e transparência – marquise protege o mezanino).
4. Renovação de ar: construir sistema de aberturas tipo veneziana móvel basculante na outra extremidade da sala de professor (circulação interna) para permitir a retirada do ar quente e ao mesmo tempo possibilitar o fechamento devido aos ruídos externos.
5. Portas tipo venezianas móveis para a circulação de ar.
6. Sistema de refrigeração por ventilação noturna: criar caixilhos com tamanho de vãos seguros que possam permanecer abertos durante a noite. Desde o ponto de vista climático, a ventilação resfriadora noturna seria preferível à ventilação de conforto em regiões onde as temperaturas diurnas no verão estejam acima do limite superior da zona de conforto – com uma velocidade do ar interna de aproximadamente 1.5 m/s. Esta estratégia é aplicável especialmente em regiões que a temperatura diurna está entre 32 e 36°C e a temperatura noturna seja de (ou menor que) 20°C (para permitir armazenamento suficiente de frio noturno).
7. *Layout* com circulação interna e portas tipo venezianas móveis (pele dupla sem recuo). Dimensões das salas 3,0 x 5,5:

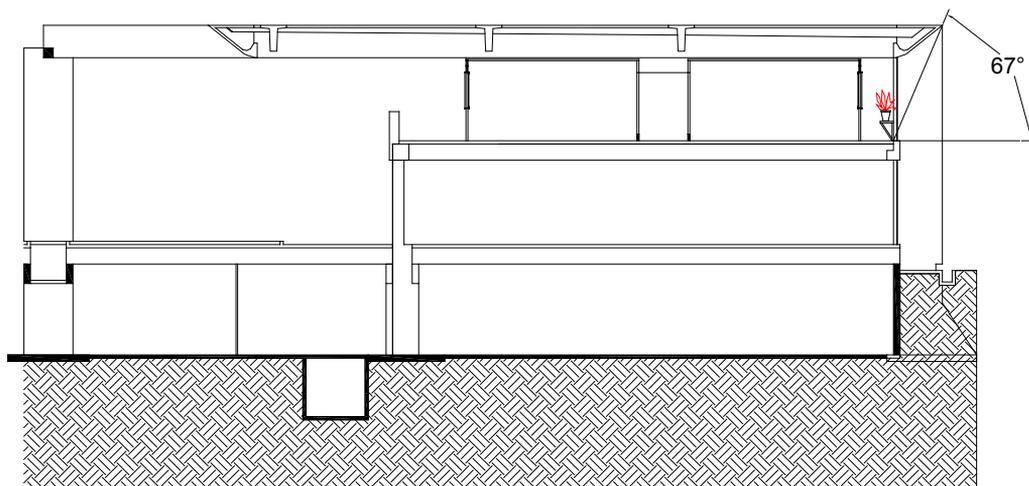
- Recuo de 1 m com jardineiras: com circulação interna e portas tipo venezianas móveis e novas vedações com isolamento termoacústico de agregado reciclado (48% de transparência) (ver figuras 59 a 68).
 - Recuo de 2 m com circulação na face externa: vedação com isolamento termoacústico de agregado reciclado (50% transparência). Espaço tampão com armário e ventilação móvel na parte superior. Sala com dimensões de 3,0 x 5,5 m no mezanino.
8. Não há necessidade de instalar protetores solares semiopacos (pergolado) no mezanino, porém há necessidade no pavimento térreo. Devem ser posicionados de acordo com a angulação solar.
 9. Cobertura – o acréscimo de isolantes, medidas de ventilação e a superposição de coberturas leves em materiais de baixa emissividade calorífica e/ou a boa resistência ao fluxo de calor aumentam as possibilidades de se obter o conforto térmico. Ordem lógica dos procedimentos de fora para dentro: sombra externa e reflexão da radiação (ver Figura 60).
 10. Isolamento termoacústico – substituir divisórias existentes por vedações com melhor desempenho termo-acústico.

Figura 59: *Layout* sugerido para existência de recuo com largura de 1 m



Fonte: Ceplan (2005).

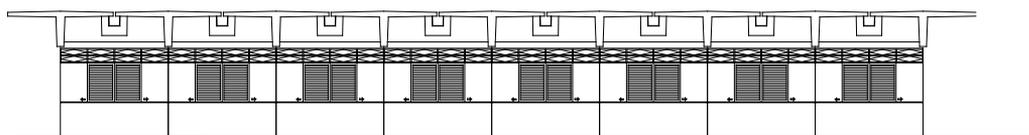
Figura 60: Corte esquemático da proposta de recuo com largura de 1 m



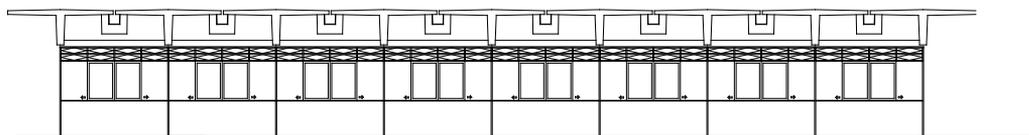
A - A'

Fonte: Ceplan (2005)

Figura 61: Proposta das aberturas e venezianas do recuo com largura de 1 m



B - B'

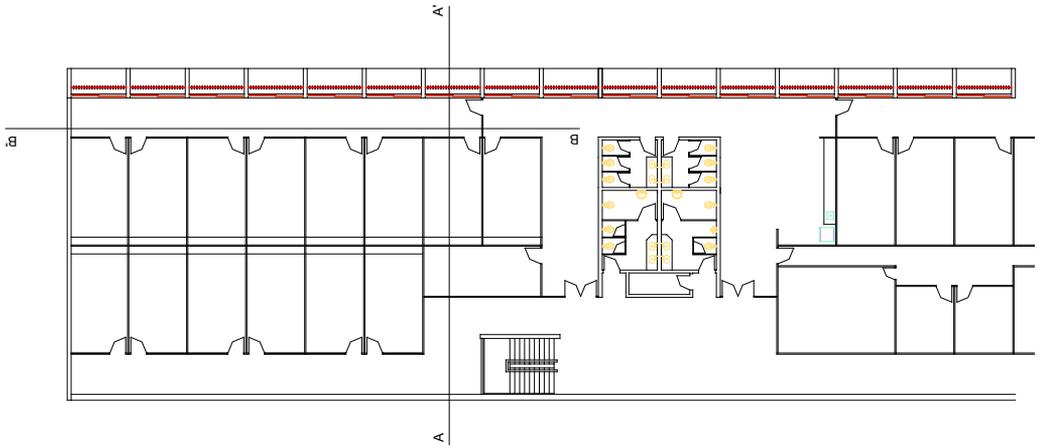


C - C'

Esc. 1:200

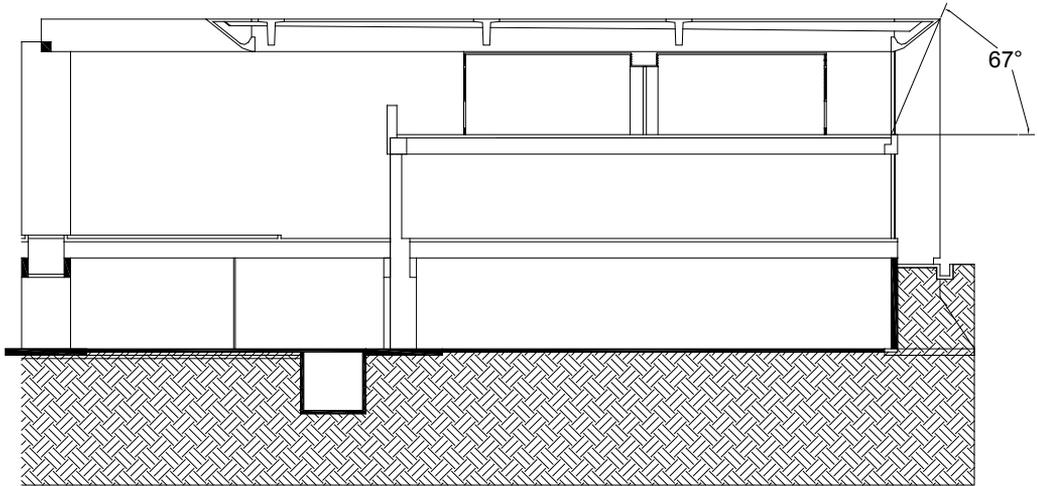
Fonte: Ceplan (2005)

Figura 62: Layout sugerido para existência de recuo com largura de 1 m



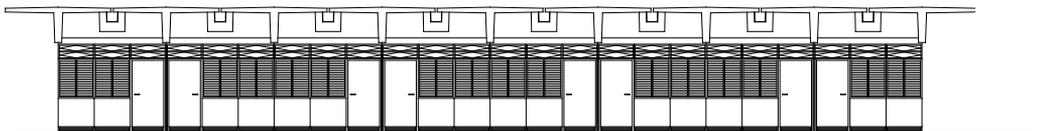
Esc. 1:200

Figura 63: Corte esquemático da proposta de recuo com largura de 1 m



A - A'

Figura 64: Proposta das aberturas e venezianas do recuo com largura de 1 m



B - B'

Esc. 1:200

Figura 65: Recuo de 1 m - 10h



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 66: Recuo de 2 m - 10h



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 67: Recuo de 1 m - 15h



Fonte: Ceplan (2005).

Figura 68: Recuo de 2 m - 15h



Fonte: Ceplan (2005).

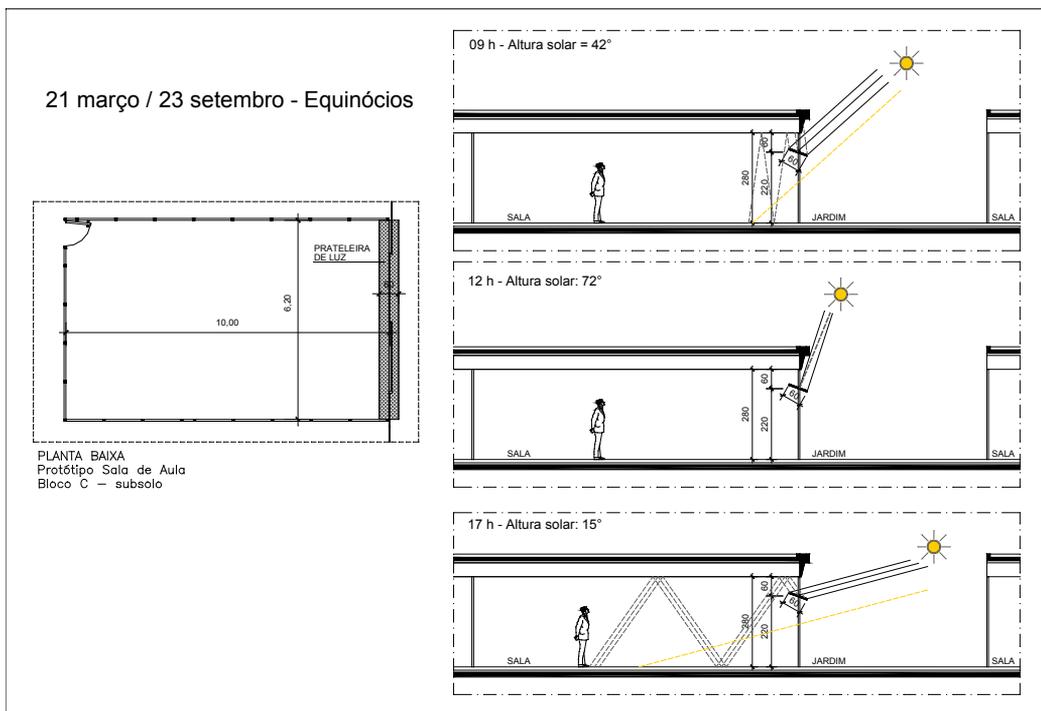
Ala Sul – Bloco C – face externa Noroeste – AZIMUTE 304°

1. Protetor solar horizontal: bloquear a radiação solar com prateleira de luz externa ao bloco C (ver Anexo A).
2. Reduzir a porcentagem de área envidraçada (*Window Wall Ratio - WWR*): substituir caixilhos existentes por vedações com isolamento termoacústico de agregado reciclado (tecnologia UnB) e caixilhos com vidro e veneziana respeitando a modulação existente.
3. *Layout*: não há necessidade do recuo da face. A área envidraçada deve ser reduzida para 22 % de transparência.
4. Prateleira de luz: instalar prateleiras de luz (de materiais reciclados pintada na cor branca produzida na Unidade de Reciclagem da UnB) nos novos painéis fixada externa ao caixilho com inclinação de 20° e largura de 60cm (ver Figura 69).

Ala Norte – Bloco C – face externa Norte AZIMUTE 154°

1. Reduzir a porcentagem de área envidraçada: (*Window Wall Ratio - WWR*) substituir caixilhos existentes por vedações com isolamento termoacústico de agregado reciclado (tecnologia UnB) e caixilhos com vidro e veneziana respeitando a modulação existente.
2. *Layout*: não há necessidade do recuo da face. A área envidraçada deve ser reduzida para 40 % de transparência.
3. Prateleira de luz: instalar prateleiras de luz (de materiais reciclados pintada na cor branca produzida na Unidade de Reciclagem da UnB) nos novos painéis fixada externa ao caixilho inclinação de 20° e largura de 60 cm (ver anexo A).

Figura 69: Protótipo de prateleira de luz na face do Bloco C – subsolo



Fonte: Ceplan (2005).

Ala Central – Bloco B – AZIMUTE 234°

1. Talude: abrir taludes, onde possível, criando dutos de luz ou prateleiras de luz e melhores condições de ventilação com sistema de caixilhos com aberturas controladas.
2. Plantio de árvores na face externa: próximo a esta face externa entre o corpo da edificação e o gramado ao longo de todo o ICC a uma distância de 6 a 8 m como

- contribuição ao bloqueio da radiação solar nos pavimentos superiores. Deve-se levar em consideração a altura da copa para que não prejudique a iluminação natural no subsolo. Ex.: Oiti ou Amendoim-bravo, Pequi e Pimenta-de-macaco, entre outras.
3. *Brisas*: fixá-los na posição perpendicular ao edifício e afastá-los 60 cm do corpo do edifício.
 4. Reduzir a porcentagem de área envidraçada no térreo e no mezanino – WWR – (opacidade e transparência), criar uma outra pele com painéis acústicos e caixilhos com vidro e veneziana.
 5. *Layout*: não há necessidade do recuo da face. A área envidraçada tem que ser reduzida para 32% de transparência. Se houver o recuo:
 6. Recuo de 1 m com jardineiras: com circulação interna e portas tipo venezianas móveis e novas vedações com isolamento termoacústico de agregado reciclado (37% de transparência). Recuo de 2 m com circulação na face externa: vedação de painel com isolamento termoacústico de agregado reciclado (40% de transparência). Espaço tampão com armário e ventilação móvel na parte superior. Sala com dimensões de 3,0 x 5,5 m no mezanino.
 7. Prateleira de luz: instalar prateleiras de luz (de materiais reciclados pintada na cor branca produzida na Unidade de Reciclagem da UnB) nos caixilhos externos existentes com largura de 40 cm.

Ala Central - Bloco B – sem face externa

1. Captadores de ventos: quando os ambientes forem destinados a ocupações com carga térmica baixa, para se evitar a instalação de ar-condicionado, construir captadores de ventilação verticais na face nordeste do bloco B com a boca de captação voltada para Leste e Sudeste que descerão até o ambiente. Instalar saída de ar na outra extremidade com a boca voltada para noroeste na face Oeste do bloco B de frente para o estacionamento no térreo.

Ala Norte – Bloco C – face externa Sul AZIMUTE 344º

1. Reduzir a porcentagem de área envidraçada: (WWR - opacidade e transparência), substituir caixilhos existentes por vedações com isolamento termoacústico de agregado reciclado (Tecnologia UnB) e caixilhos com vidro e veneziana respeitando a modulação existente.
2. *Layout*: não há necessidade do recuo da face. A área envidraçada deve ser reduzida para 30 % de transparência.
3. Prateleira de luz: instalar prateleiras de luz (de materiais reciclados pintada na cor branca produzida na Unidade de Reciclagem da UnB) nos novos painéis fixada externa ao caixilho com largura de 60 cm.

Zoneamento: Núcleo de Estudo

Salas de Aula para 25 a 30 pessoas

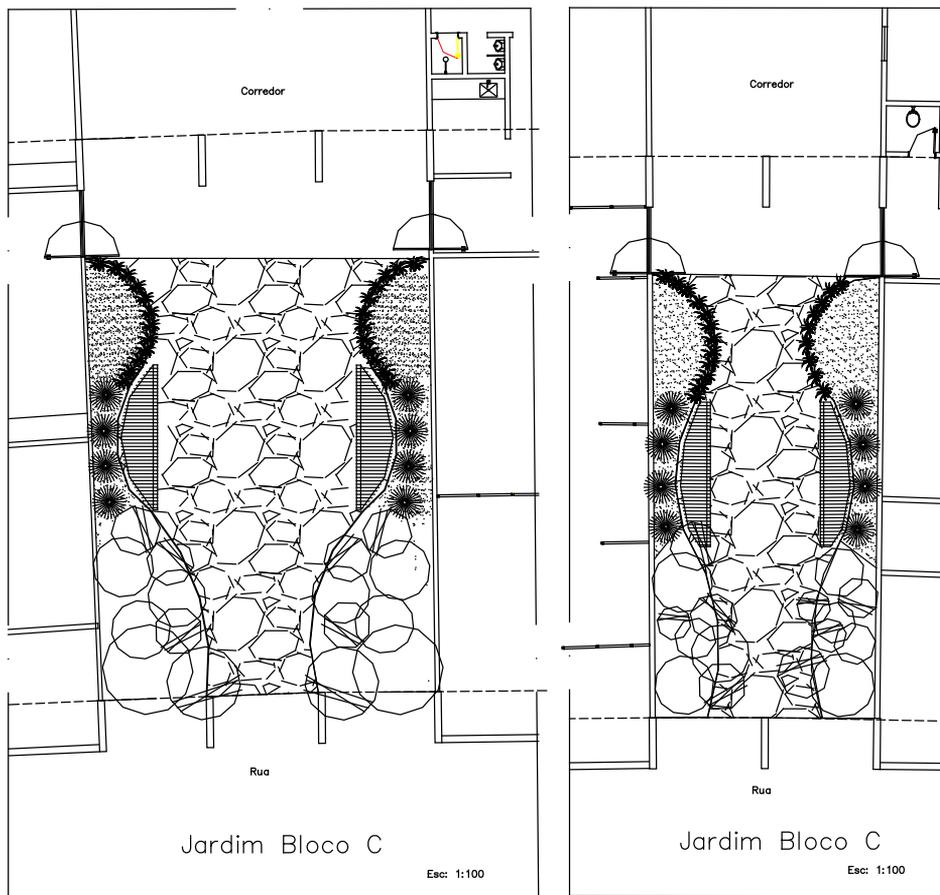
As salas analisadas nesta localização sem equipamentos mantiveram-se dentro dos limites de conforto com uma ocupação de 24 pessoas para uma área de 5,4 m x 9,2 m. A localização das salas de aula ou núcleo de estudo se faz necessário por exigir ambientes maiores para o conforto térmico e estar numa localização privilegiada com boa inércia térmica com vista para o jardim. No entanto, é importante substituir as divisórias existentes por novas vedações com bom isolamento termoacústico, reduzir a proporção de área envidraçada (caixilho de vidro em toda extensão com excesso de luz natural), melhorar as condições de ventilação (saídas de ar) e diminuir os ganhos de calor pela cobertura com a instalação de pergolados no jardim no térreo para futuros espaços de convivência e cafés.

Estratégias passivas

1. Fixar limites de carga térmica para a ocupação de salas de aula localizadas no térreo. Sala com computadores devem se localizar no subsolo na faixa de condicionamento artificial (bloco A) onde não há possibilidade de renovação de ar.
2. Corredor de vento – criar condições de circulação de vento em toda a extensão do bloco C para melhorar a fluidez do vento no subsolo (2 m).
3. Reduzir a proporção de área envidraçada – criar uma outra pele com painéis acústicos e caixilhos com vidro e veneziana (% de WWR - opacidade e transparência).
4. Iluminação Natural – nova vedação vertical: localizar aberturas na parte superior; instalar elementos nas janelas para melhorar distribuição (prateleiras de luz, persianas ou venezianas com controle diferenciado), localizar aberturas na parte superior, não colocar área envidraçada abaixo do plano de trabalho.
5. Protetor Solar horizontal: utilizar tipo prateleira de luz externa (dupla funcionalidade).
6. Renovação de ar: construir sistema de aberturas tipo veneziana móvel basculante na outra extremidade da sala de aula (circulação interna) para permitir a retirada do ar quente e ao mesmo tempo possibilitar o fechamento devido aos ruídos externos.
7. Portas tipo venezianas móveis para a circulação de ar.
8. Sistema de refrigeração por ventilação noturna: criar caixilhos com tamanho de vãos seguros que possam permanecer abertos durante a noite.
9. Sombra externa: instalação de pergolados no jardim superior nas praças para a instalação de pequenos cafés.
10. Jardim Externo – recuperar os jardins no subsolo próximo aos caixilhos com a circulação central e plantar espécies de porte maior nas proximidades da rua de serviço que possam contribuir para a filtragem dos gases desprendidos pelos automóveis e caminhões que cruzam o ICC (ver figuras 70-71)

11. Isolamento termoacústico – substituir divisórias existentes por vedações com melhor desempenho termo-acústico.

Figuras 70-71: Protótipo de jardins no subsolo do Bloco C



Fonte: Ceplan (2005).

Administração

Um maior cuidado se faz necessário em salas de diretores, de coordenadores, por serem espaços de permanência prolongada e de atendimento individual, com necessidade de privacidade mais pelo conteúdo confidencial de algumas conversações; portanto, a transmissão do ruído inteligível compromete essas atividades. A necessidade de isolamento fica amenizada quando se tem menor quantidade de reflexões sonoras internas, tanto dos ruídos internos quanto dos externos. Propõem-se, portanto:

- Os cálculos para absorção devem buscar valores de tempos de reverberação para salas medianamente surdas;

- Aumentar a absorção sonora dentro das salas, especialmente com a aplicação de material absorvedor sonoro no teto;
- Cuidar para que a aplicação de divisórias em algumas salas proporcione isolamento adequado ao mesmo tempo que absorva o som e reduza as reflexões;
- Dar atenção aos móveis, para que também sejam absorvedores sonoros.

Salas de pesquisa para aluno

A necessidade de isolamento fica amenizada quando se tem menor quantidade de reflexões sonoras internas, tanto dos ruídos internos quanto dos externos. Propõem-se, então:

- Aumentar a absorção sonora dentro das salas, especialmente com a aplicação de material absorvedor sonoro no teto;
- Colocar material absorvedor sonoro no teto dos corredores de circulação ou espaços externos de acesso; se possível buscar resultados de salas medianamente surdas;
- Aumentar o isolamento das paredes divisórias de salas contíguas, mas cuidar da relação com as aberturas de modo a impedir a transmissão do som por elas;
- No caso de necessidade de maior privacidade, as portas e janelas devem vedar a transmissão do som conforme a vedação proporcionada pelas paredes; com aplicação de selamento nas frestas este efeito é mais possível de ser obtido;
- Cuidados com dutos de transmissão de som de sala a sala.

Diretrizes a serem observadas em todas as alas e faces

- Recomenda-se não mais de 50% de vidros nas fachadas, em qualquer caso; pode-se eliminar a porção envidraçada abaixo do peitoril das janelas, sendo que esta não contribui em nada para a melhoria da iluminação, só trazendo problemas de conforto térmico;
- É recomendável a utilização de janelas altas como complementação às janelas na altura da visão, para melhoria da distribuição de iluminação em profundidade;
- Os *layouts* definitivos das fachadas deverão ser definidos posteriormente em função da modulação mais adequada, para atingir o percentual ótimo de vidros nas fachadas;
- As aberturas deverão proporcionar bom controle da iluminação e ventilação dos ambientes; pode-se utilizar basculantes altos em toda a extensão do ambiente, que contribuem para a boa penetração de luz natural no fundo da sala, além de proporcionar a saída do ar quente e renovação;
- Poderão ser especificados tipos de vidros com diferentes transmitâncias, dependendo da altura da janela (controle do ofuscamento) e da orientação da fachada (controle dos ganhos solares);
- Poderão ser utilizados elementos de proteção solar e distribuição da luz natural, como prateleiras de luz, especialmente no caso da opção sem recuo; estas deverão ser estudadas e dimensionadas segundo o movimento do sol na orientação de cada fachada;

- O estudo deverá ser complementado com as simulações de iluminação e dos ganhos térmicos para cada *layout*, escolhendo-se então, de maneira mais precisa, um *layout* definitivo, também em função dos recuos escolhidos.

Subsídios para os sistemas de iluminação artificial e relativa eficiência energética dos ambientes do Instituto Central de Ciências

Considerando-se as densidades de potência instalada por m^2 , considera-se que o estado da arte para se obter 500 luxes no plano de trabalho (desejável para ambientes com tarefas de escritório) pode ser em torno de $15 W/m^2$. Portanto, se o sistema de iluminação artificial existente supera este índice, há aí um potencial de economia energética. Recomenda-se o levantamento e checagem deste dado em todos os ambientes do ICC.

É necessário também integrar o sistema de iluminação artificial ao sistema de iluminação natural. Isto pode ser realizado observando o comportamento da luz natural, através das simulações já efetuadas, dividindo os ambientes em zonas, e a partir destas, dividir e dimensionar o sistema de iluminação artificial, planejando seu acendimento de forma a atender primeiramente às zonas mais distantes da iluminação natural, acendendo paulatinamente as demais zonas.

Pode ser feito um estudo e cálculo simplificado do potencial de economia energética para diversas soluções propostas em termos de *layout* de fachada e aberturas, e dimensionamento de iluminação artificial, o que demandará posteriores estudos.

Considerações finais

A produtividade acadêmica, em âmbito didático ou de pesquisa, vincula-se a produtos elaborados a partir dos problemas reais e vivenciados no cotidiano do seu *habitat*, e foi precisamente graças a esta visão que a universidade contribui para a solução de problemas nos mais variados aspectos da organização social: porque até recentemente tais soluções surgiram pela liberdade de pesquisa e uma visão de maior alcance sobre a natureza das relações entre a ciência, a sociedade e o desenvolvimento tecnológico que existe qualidade na contribuição da universidade à sociedade.

Guiando-se por esses princípios, em 2005, foi realizada a Avaliação Ambiental Integrada do Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília-ICC/UnB, na ossatura, alas, faces, e blocos do edifício, que se mostrou e continua mostrando-se atemporal na sua execução e aproveitamento. O estudo analisou o ICC como objeto arquitetônico que gera, com seu uso, contextos sociais, econômicos e ambientais diversos e, para tal, foram abordadas variáveis relevantes, de uma perspectiva funcional, sem deixar de lado as condições históricas de produção desse projeto arquitetônico: implantação, orientação, materiais e componentes constituintes e suas relações com as condições climáticas locais, além de considerar princípios e diretrizes quanto ao caráter do edifício, à cultura acadêmica e às características regionais. A análise define indicadores do ambiente construído passíveis de serem avaliados pelo enfoque da sustentabilidade, relacionados diretamente com resultados de desempenho ambiental, diferenciados conforme os diferentes usos, necessidades, condições climáticas locais e as características do projeto arquitetônico, dada sua grande diversidade mórfica, e são eles que apoiam as diretrizes de adequação ambiental dos espaços típicos do ICC, conforme as diferentes e distintas atividades, programas, necessidades e ambiências do lugar.

A independência nos processos de investigação e de debate, com o concomitante desenvolvimento da produção, da transmissão e da aplicação do saber que permitiu a avaliação do ICC, congregou vários laboratórios e oportunizou a criação e o desenvolvimento de métodos e técnicas integrados num Plano para avaliar a manutenção desse espaço icônico por excelência, apto para atender as necessidades do momento que foi realizado (Plan UnB XXI e REUNI) e para quantos outros possam vir. O Plano tirou partido da desocupação de quase 30% do edifício para abrigar atividades da universidade pública, a coisa pública e o homem público, com estatuto de um valor, concebendo a universidade pública como o lugar apropriado para a discussão e a construção de valores. Acreditamos que a utilização da avaliação realizada, cuja atemporalidade é um dos fatores proeminentes para recomendar sua utilização, será favoravelmente apreciada por sua contribuição para a resolução de problemas de adaptação ambiental.



Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5382: Verificação de iluminância de interiores*. Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5413: Iluminância de interiores*. Rio de Janeiro, 1992.

FICHER, Sylvia; BATISTA, Geraldo (org.). *Guiarquitetura Brasília*. São Paulo: Abril; Brasília: Fundação Athos Bulcão, 2000.

AMORIM, Cláudia Naves David. *Metodologia simplificada para o cálculo da eficiência energética: edifícios com luz natural*. Apostila da Disciplina Estudos Especiais em Tecnologia: iluminação natural e eficiência energética no projeto de arquitetura. Faculdade de Arquitetura Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

AMORIM, Cláudia Naves David. *Desempenho térmico de edificações e simulação computacional no contexto da arquitetura bioclimática: estudos de casos na região de Brasília*. 1998. 275 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 1998.

BAKER, Nick V.; FANCHIOTTI, A.; STEEMERS, Koen. *Daylighting in Buildings*. London: James & James, 1998.

BAKER, Nick; STEEMERS, Koen. *Daylight design of buildings*. London: James & James, 2002.

BRAGA, Andréa da Costa; FALCÃO Fernando R. *Guia de Urbanismo, Arquitetura e arte de Brasília*. Brasília: Editora Fundação Athos Bulcão, 1997.

BRAGA, Darja Kos. *Arquitetura residencial do Plano Piloto de Brasília: aspectos de conforto térmico*. 2005. 168 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

BUTERA, Federico M. *Architettura e ambiente: manuale per il controllo della qualità termica, luminosa e acustica degli edifici*. Milano: ETAS libri, 1995.

CENTRO DE PLANEJAMENTO OSCAR NIEMEYER-Ceplan. *Avaliação Ambiental Integrada do Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília*. ROMERO, Marta Adriana Bustos; ANDRADE, Liza Maria Souza de (coord.). Brasília: Editora UnB, 2005.

FLÓSCULO, Federico, FARIA, Alberto de, ARANTES, Claudio. Fundação Universidade de Brasília: *Plano Diretor Físico do Campus Universitário Darcy Ribeiro*. Brasília: Editora UnB 1988.

GHISI, Eneidir; TINKER, John. Optimizing energy consumption in offices as a function of window area and room size. *In: Seventh International IBPSA Conference. [Anais]*. Rio de Janeiro, Brasil, 13-15 August 2001.

GIVONI, Baruch. *Passive and low energy cooling of buildings*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1994.

MACEDO, Adilson. *Plano de Desenvolvimento Físico, Coordenação Grupo de Desenvolvimento do Campus* – Universidade de Brasília, Brasília, UnB, 1974.

MACIEL, Alexandra Albuquerque. *Projeto bioclimático em Brasília: estudo de caso em edifício de escritórios*. 2002. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2002.

QUEIROZ, Cláudio Jose Pinheiro Villar de. *ICC – Plano de Conclusão e Sistematização de Usos, documento de circulação interna*. Brasília: Ceplan/UNB, 1990.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. *Arquitetura bioclimática do espaço público*. Brasília: Editora UnB, 2001.

ROMERO, Marta Adriana Bustos *et. al.* Sofrer para aprender – desconforto ambiental em salas de aula. *In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO-ENCAC*, Florianópolis, 2001.

ROMERO, Marta Adriana Bustos; CLÍMACO, Rosana Stockler. “Learning From Reality”. *In: PLEA 2001 - The 18th Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Florianópolis, Brasil, 2001.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; ORNSTEIN, Sheila Walbe (coord.). *Avaliação pós-ocupação: métodos e técnicas aplicados à habitação social*. Porto Alegre: ANTAC, 2003. (Coleção Habitare).

RUSSO, Filomena; STEEMERS, Koen. Environmental confort evaluation in the Faculty of Architecture and Urbanism of the University of São Paulo – FAUUSP. *In: NUTAU*, 2004. [Anais]. São Paulo, 2004.

VIANNA, Nelson; GONÇALVES, Joana Carlos Soares. *Iluminação e Arquitetura*. São Paulo: UniABC Virtus s/c Ltda, 2001.

Anexo A

Quadro 8: Cargas térmicas

Cálculo de cargas térmicas provenientes dos equipamentos internos					
Anfi 04					
13 lâmpadas vapor metálico	13 * 12	1.625	FACE CSS 654/37		
2 lâmpadas vapor de sódio	2 * 220	440	12 luminárias	24 * 40	960
3 luminárias	6 * 32	192	12 reatores	12 * 23	276
3 reatores	3 * 23	69			1.236
		2.326	1.236 watts / 55,95 m ² =	22,09 watts/m²	
3.326 watts / 360,23 m ² =	6,45 watts/m²				
			FACE CSS 657/38		
CPD BSS 429/63			21 computadores	21 * 400	8.400
20 computadores	20 * 400	8.000	12 luminárias	24 * 32	768
12 luminárias	24 * 32	786	12 reatores	12 * 23	276

Cálculo de cargas térmicas provenientes dos equipamentos internos					
12 reatores	12 * 23	276			9.444
		9.044	9.444 watts / 61,88 m ² =	152,61 watts/m²	
9.044 watts / 40,75 m ² =	221,9 watts/m²				
			IB ASS 056/09		
CESPE CSS 457/45			20 luminárias	40 * 20	800
8 computadores	8 * 400	3.200	20 reatores	20 * 23	460
9 luminárias	18 * 32	576			1.260
1 luminária	2 * 40	80	1.260 watts / 52,7 m ² =	23,9 watts/m²	
10 reatores	10 * 23	230			
		4.086	IB CSS 121/40		
4.086 watts / 42,62 m ² =	95,87 watts/m²		8 luminárias	16 * 40	640
			3 luminárias	6 * 32	192
IQ BSS 072			11 reatores	11 * 23	253
12 luminárias	24 * 32	768			1.085
12 reatores	12 * 23	276	1.085 watts / 70,3 m ² =	15,43 watts/m²	

Cálculo de cargas térmicas provenientes dos equipamentos internos					
		1.044			
1.044 watts / 68,9 m ² =	15,15 watts/m²				
FACE CSS 546/33					
2 computadores	2 * 400	800			
2 luminárias	4 * 20	80			
2 reatores	2 * 23	46			
		926			
926 watts / 18 m ² =	51 watts/m²				
FACE B1 543/63					
1 computador	1 * 400	400			
3 luminárias	6 * 65	390			
3 reatores	3 * 23	69			
		859			
859 watts / 14,38 m ² =	59,73 watts/m²				
FACE BT 552					
5 luminárias	10 * 40	400			
7 luminárias	14 * 32	448			
12 reatores	12 * 23	276			
		1.124			
1.124 watts / 58 m ² =	19,3 watts/m²				

Fonte: Ceplan (2005).

Quadro 9: Espécies vegetais e suas características

	Espécies Vegetais Arbóreas	Origem / Ocorrência	Características	Recomendações
	1. <i>Caryocar coriaceum</i> Wittm (Pequi)	Brasil – Regiões de Cerrado	Árvore de tronco grosso, até 2 metros de circunferência, com 12-15 metros de altura, revestido de casca escura e gretada, com galhos grossos, compridos e um tanto inclinados, cuja ramificação começa perto da base, formando longa e aprazível copa.	A área da incidência desta espécie é bastante extensa, vai desde a Bahia, inclusive Goiás, até Piauí, concentrando-se nos chapadões areníticos deste trecho brasileiro.
	2. <i>Moquileia tomentosa</i> Benth (Oiti-A-mendoim-bravo)	Argentina, Paraguai do sul, e Brasil	Árvore até 10 m de altura, copa frondosa. Folhas simples, alternas elípticas, lanceoladas, tormentosas em ambas faces. Flores pequenas, Brancas, em espigas ramosas.	Árvore excelente para arborização de ruas e jardins. Madeira para construção civil e mormente obras hidráulicas.

	Espécies Vegetais Arbóreas	Origem / Ocorrência	Características	Recomendações	
					
Cipó-de-são-joão ou flor-de-são-joão (<i>Pyrostegia venusta</i>)			Flor-azul (<i>Thunbergia-grandiflora</i>)	Manto-rei (<i>Thunbergia erecta</i>)	Sapatinho-de-judia (<i>Thunbergia myosensis</i>)
Originária do Brasil, esta trepadeira produz flores alaranjadas e abundantes durante o ano todo. Propaga-se por estaquia da ponta dos ramos. Necessita de sol pleno e o espaçamento indicado é de 50 cm entre as plantas.			Esta trepadeira geralmente cresce bem rápido e produz belas flores de coloração lilás/roxo. Também originária da Índia, necessita de sol pleno e reproduz-se por meio de estacas. o espaçamento correto para o plantio é de 50 cm entre as plantas.	Trepadeira de belíssima floração, no começo cresce lentamente, mas com o passar do tempo seu desenvolvimento se acelera. Originária da Índia, deve ser cultivada sob sol pleno. Reproduz-se por meio de estacas e o espaçamento indicado é de 50 cm entre as plantas.	

Fonte: Ceplan (2005).

Quadro 10: Espécies arbóreas adequadas para a região

Espécie	Característica	Tipo	Iluminação			
Brinco-de-princesa (<i>Fuschia sp.</i>)	Flores na primavera	Trepadeira	pouco sol			
Camarão-Amarelo (<i>Cobretum Coccineum</i>)	Flores o ano Todo	Arbusto	bastante sol ou pouco sol			
Camarão-Vermelho (<i>Beloperone Guffata</i>)	Flores o ano Todo	Arbusto	bastante sol ou pouco sol			
Escova-de-Macaco (<i>Combretum Coccineum</i>)	Flores na primavera	Trepadeira	pouco sol			
Ipê Rosa (<i>Tabebuia Pentaphylla</i>)	Flores da primavera ao outono	Árvore de até 15 m	bastante sol			
Gevílea-Anã (<i>Grevillea Banksil</i>)	Flores com néctar durante o ano todo	Arbusto	bastante sol			
Lantana (<i>Lantana Camara</i>)	Flores com néctar durante o ano todo	Arbusto	pouco sol			
Malvavisco (<i>Malvaviscus sp.</i>)	Flores com néctar durante o ano todo	Arbusto	bastante sol			
Mimo-de-Vênus (<i>Hibiscus Rosa-Sinensis</i>)	Flores durante quase todo o ano	Arbusto	bastante sol			
Pata-de-Vaca (<i>Bauhinia Variegata</i>)	Flores do outono ao inverno	Árvore de até 10 m	bastante sol			

Espécie	Característica	Tipo	Iluminação			
Sapatinho-de-Judia (<i>Thumbergia Grandiflora</i>)	Flores o ano todo	Trepadeira	bastante sol			
Sininho (<i>Abutilon</i>)	Flores na primavera e verão	Arbusto	bastante sol			
Suinã (<i>Erytrina Verna</i>)	Flores no inverno	Árvore de até 20 m	bastante sol			
Tilandísia (<i>talandsia</i>)	Flores eventualmente	Epífita - apoiasse em outras plantas	pouco sol ou sombra			
Tumbérgia-Azul (<i>Thumbergia Grandiflora</i>)	Flores na primavera e no verão	Trepadeira	bastante sol			

Fonte: Ceplan (2005).

Quadro 11: Tratamento de fachadas

<p>O tratamento das fachadas do ICC será de importância fundamental, considerando-se as trocas térmicas que acontecem através das mesmas, e a influência destas na iluminação natural dos ambientes, e consequentemente da eficiência energética do edifício.</p> <p>Para classificar os ambientes, além dos azimutes, que darão a orientação da fachada principal dos mesmos, utiliza-se o conceito de Índice do Local,¹ proveniente dos estudos em iluminação, mas que pode ser utilizado perfeitamente para se obter um ordenamento dimensional dos ambientes.</p>	<p>O índice do local (K) é definido como: $K = (W \cdot D) / [(W + D)h]$</p> <p>Onde : W= largura do ambiente D= profundidade do ambiente h= altura do ambiente</p>
<p>Os ambientes considerados inicialmente para este livro foram as salas de professores dos blocos A e B (mezanino) e as salas de aula do bloco C (subsolo). Os primeiros têm um índice do local igual a 1.25, e o segundo igual a 0.80.</p>	<p>De posse do índice do local, estabeleceram-se, de acordo com as orientações das fachadas, o percentual ideal de vidros, considerando três situações possíveis: sem recuo, com recuo de 1 m e com recuo de 2 m.</p>

Fonte: Ceplan (2005).

¹ A metodologia aqui apresentada baseia-se em estudos de Ghisi e Thinker (2001), elaborando recomendações quanto ao percentual recomendado de área envidraçada e área opaca de fachada (WWR - *Window Wall Ratio*). Este percentual considera a proporção ótima de vidros para garantir iluminação natural e minimizar ganhos e perdas solares, levando em consideração as dimensões do ambiente (largura, profundidade e pé-direito).

Quadro 12: Percentuais ideais de vidros nas fachadas - ICC

Percentuais ideais de vidros nas fachadas – ICC							
		BLOCO A (K= 0,80)		BLOCO B (K= 0,80)		BLOCO C (K= 1,25)	
		Azimute 74° (orient. NE)	Azimute 254° (orient. SO)	Azimute 74° (orient. NE)	Azimute 254° (orient. SO)	Azimute 344° (orient. NO)	Azimute 164° (orient. SE)
ALA NORTE	<i>Sem recuo</i>	33%	20%	33%	20%	30%	40%
	<i>C/ recuo 1 m</i>	40%	25%	40%	25%	40%	45%
	<i>C/ recuo 2 m</i>	50%	30%	50%	30%	50%	50%
		Azimute 34° (orient. NE)	Azimute 214° (orient. SO)	Azimute 34° (orient. NE)	Azimute 214° (orient. SO)	Azimute 304° (orient. NO)	Azimute 124° (orient. SE)
ALA SUL	<i>Sem recuo</i>	26%	44%	26%	44%	22%	38%
	<i>C/ recuo 1 m</i>	30%	48%	30%	48%	30%	45%
	<i>C/ recuo 2 m</i>	35%	50%	35%	50%	35%	50%

Fonte: Ceplan (2005).

Quadro 13: Protetores solares (temperatura e luz solar)

Posição/ Tipos							
Externa	Marquise	Varanda e Sacada	Pérgulas	Brise-Soleil			Telas/ Toldos/ Esteiras
<p>Controla a radiação antes que ela atinja o corpo da edificação e aplicável também para o sombreamento de partes opacas (paredes e coberturas). Podem ser fixos ou móveis.</p>	<p>As marquises, geralmente constituída de laje de concreto, também, representam proteção contra chuva. Podem apresentar fatos inconvenientes: - face superior escura devido à sua impermeabilização - têm contato com o corpo da construção - dificultam a circulação do ar.</p>	<p>As varandas de proteção contra chuvas podem escurecer os compartimentos internos, por terminar protegendo muito da incidência solar. As sacadas, muito utilizadas em edifícios de apartamento, são feitas muitas vezes sem intenção de proteger (estreitas). A sacada do pavimento imediatamente superior funciona como proteção solar para o pavimento abaixo dele. Pode ter acabamento superficial de cor clara.</p>	<p>Solução composta por uma série de vigas, dispostas geralmente paralela ao plano da fachada, delimitando um espaço semiexterno. Proporcionam a entrada dosada de luz natural. Podem funcionar como suporte para vegetação/trepadeira.</p>	<p>Guardar distância entre o sistema de sombreamento e o corpo da edificação (30cm). Acabamento superficial externo de cor clara. Material como isolante térmico e a face com acabamento de baixa emissividade térmica - como superfície metálica de alto brilho. Placas verticais ou horizontais aplicadas conforme a geometria da insolação: latitude, a orientação da fachada, a presença de elementos externos. Ex : placas de concreto, chapas de aço perfuradas, perfis de alumínio, podendo ser utilizadas telas e até mesmo matérias transparente com filtros ou translúcidos.</p>			<p>Telas especiais tipo tecido de poliéster e PVC para uso externo, tratadas para resistir as intempéries e tida como de fácil limpeza. Os toldos são geralmente confeccionados com lona e suportados por estruturas metálicas. Funcionam da mesma forma que a marquise, mas podem ser fixos ou móveis.</p>
			<p>Elementos vazados</p> <p>Também chamados de cobogó, são utilizados como a intenção de se obter ventilação permanente, funcionam como sombreadores e são geralmente compostos de elementos horizontais e verticais, e , as vezes, com partes ou até totalmente oblíquos. Podem ser de cerâmica, concreto pré-moldado, malha de placas verticais e horizontais de alumínio.</p>	<p>Vertical</p> <p>Soluções com elementos verticais paralelos ao plano da fachada (recomenda-se 60cm) para a formação de uma corrente de ar ascendente. Sistemas móveis de brises verticais - podem ser acionados mecanicamente ou acoplados a sensores de luz e temperatura. Quando dependem do usuário podem resultar em desorganização e dependem sempre de uma manutenção</p>	<p>Horizontal</p> <p>Evitar o desperdício da luz solar com brises que a reduzem em demasia. Utilizar juntamente com prateleira de luz (<i>light-shelf</i>)</p>	<p>Vert./ Horiz.</p> <p>Soluções compostas por placas horizontais e verticais. Disposições variadas conforme a fachada.</p>	

Posição/ Tipos						
Interna	Persianas e Cortinas	Película	Soluções especiais			
O controle da radiação torna-se menos eficaz, porque a radiação solar já atravessou o vidro e já alcançou o interior do edifício.	Tanto as cortinas como as persianas apresentam as mais variadas possibilidades de regulagem. As cortinas podem ser desde transparentes até opacas, de claras a pretas – limite (<i>black-out</i>). Há também as cortinas celulares, compostas de duas ou três camadas de tecido especial, em composições do tipo casa de abelha, sanfona. As persianas podem ser de alumínio pintado, madeira, plásticos.		Planos inclinados e revestidos por uma malha metálica que protege da incidência solar, mas permite interessante visão para o exterior.			
Entre vidros	Persiana entre dois vidros	Pele dupla				
Geralmente feita com persianas reguláveis com o objetivo de isolar a persiana e evitar a deposição de poeira, ou, outras vezes, incorporado aos caixilhos com dois vidros, para controle de ruído.						

Fonte: Ceplan, 2005

Diretrizes de projeto

A1 - Prateleiras de luz

BLOCO A – TÉRREO - FACE LESTE

A2 - Prateleiras de luz – protótipo em sala de aula

Bloco A – Térreo (Face Interna- Oeste)

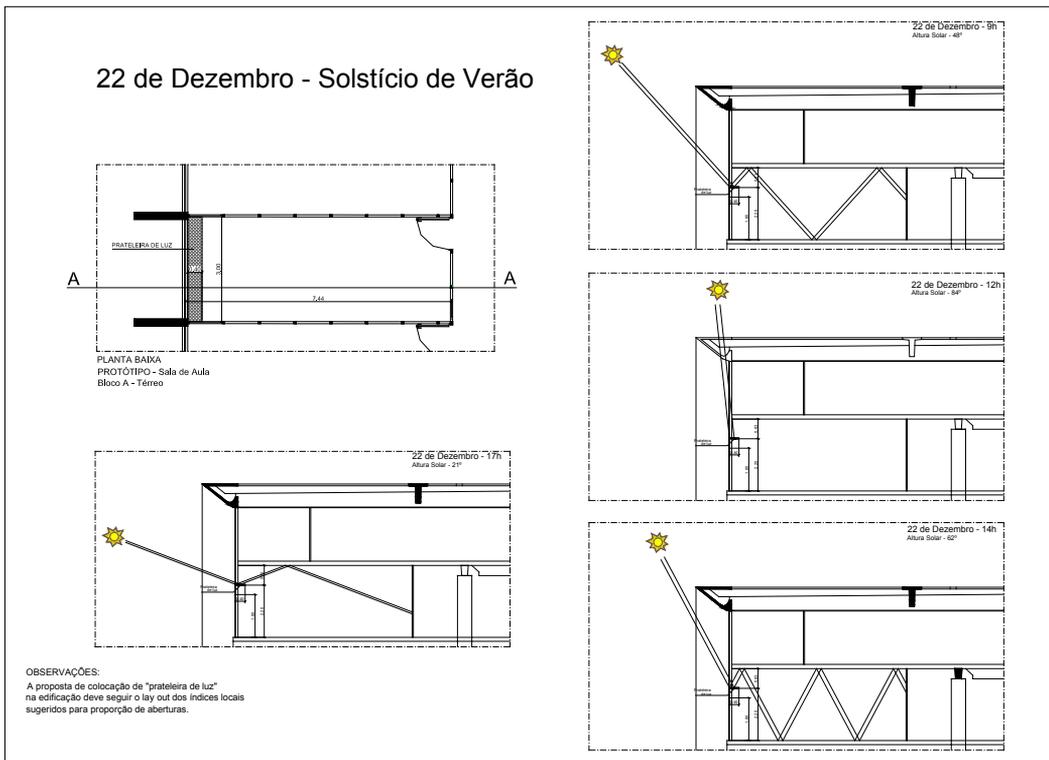
A3-- Prateleira de luz

Bloco B – sala de aula – térreo

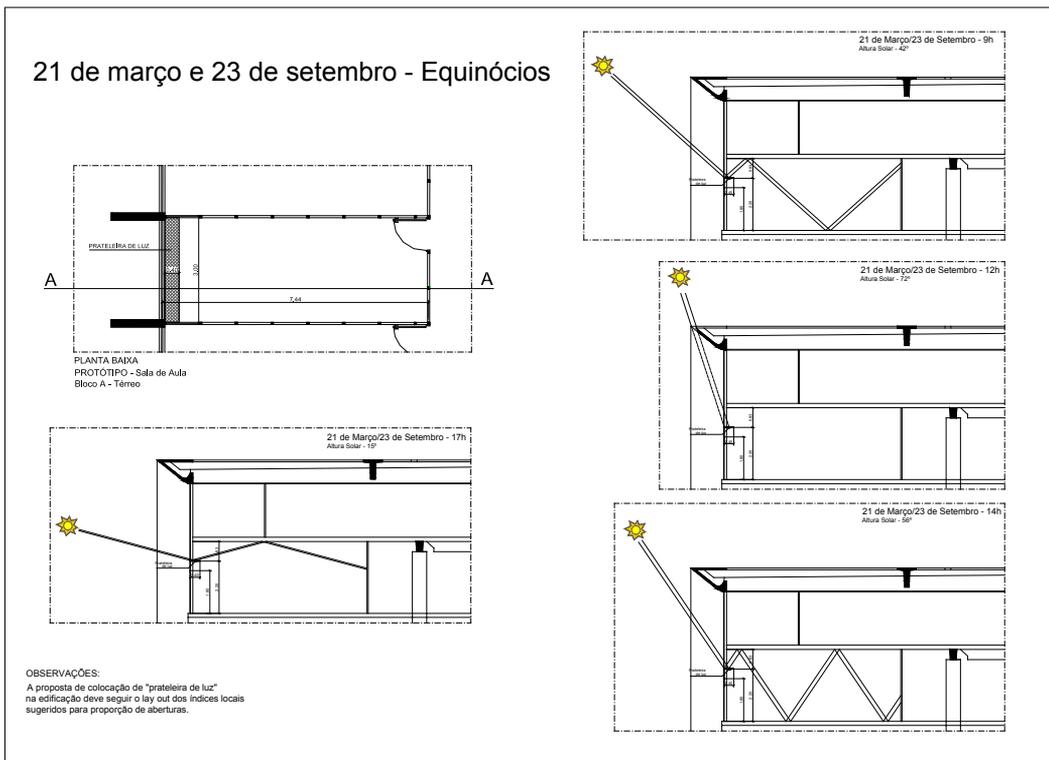
A4 - Bloco B- Ala Sul

Prateleira de luz – Protótipo para Sala de professor – MEZANINO

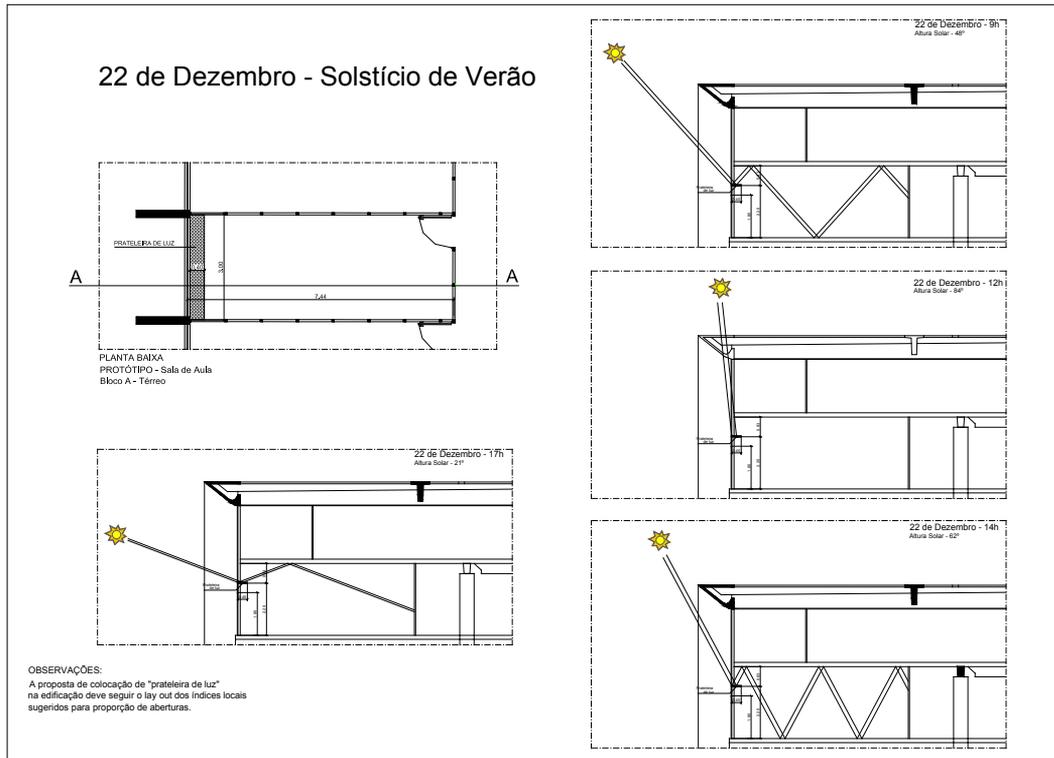
A1



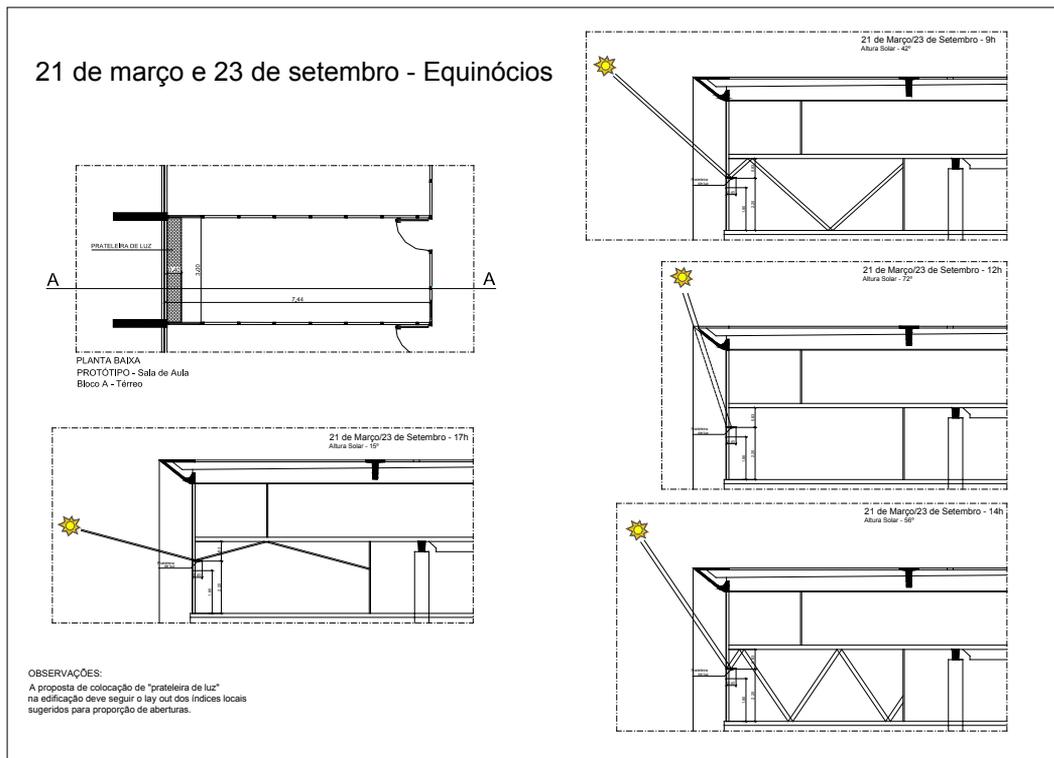
A1



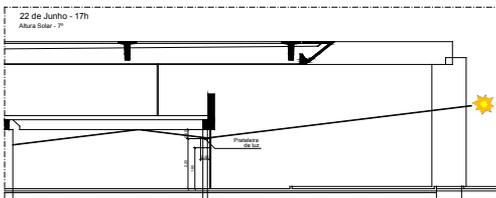
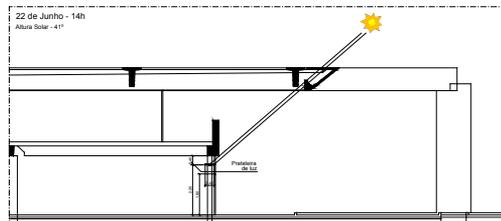
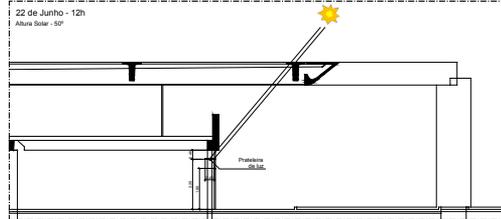
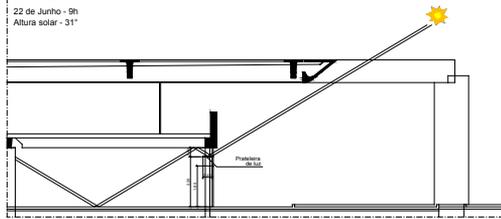
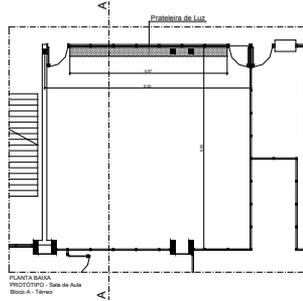
A1



A1

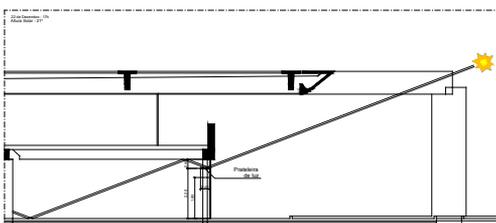
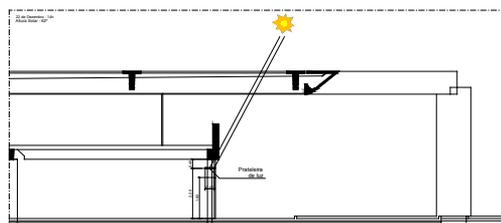
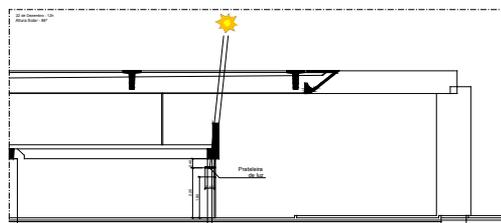
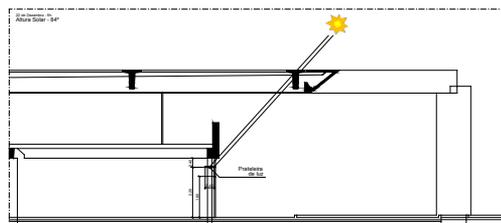
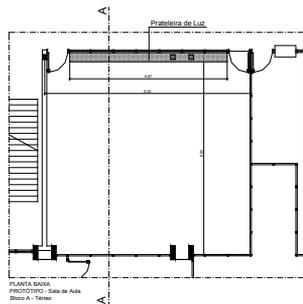


22 de junho - Solstício de Inverno

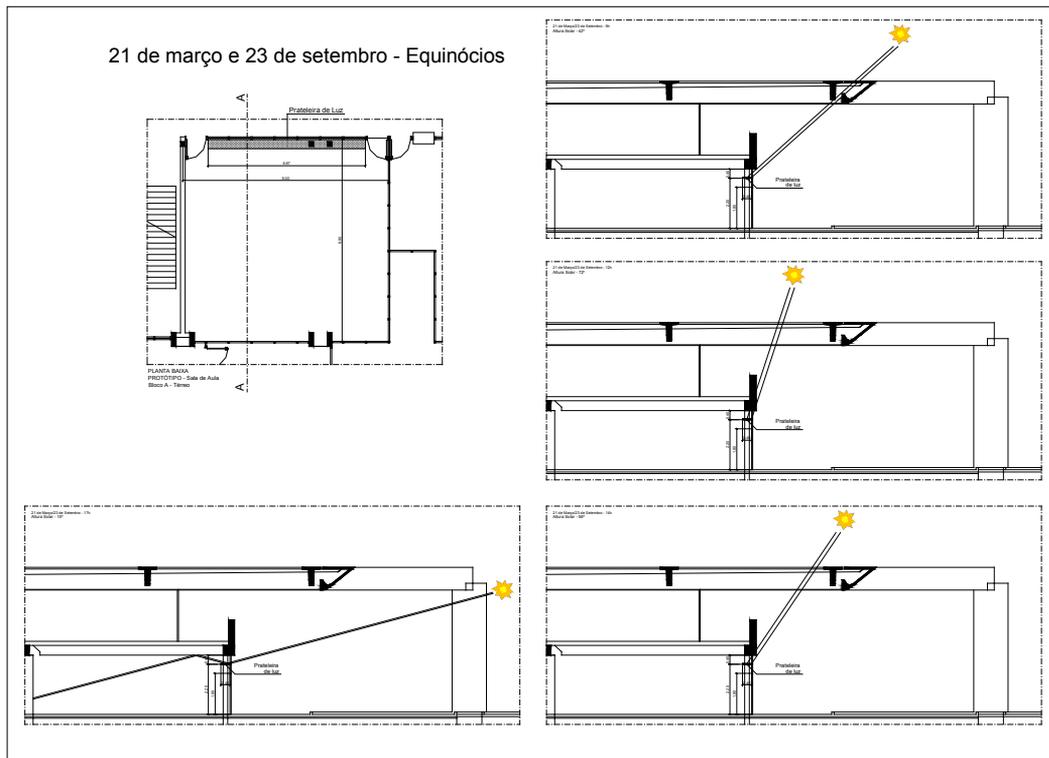


A2

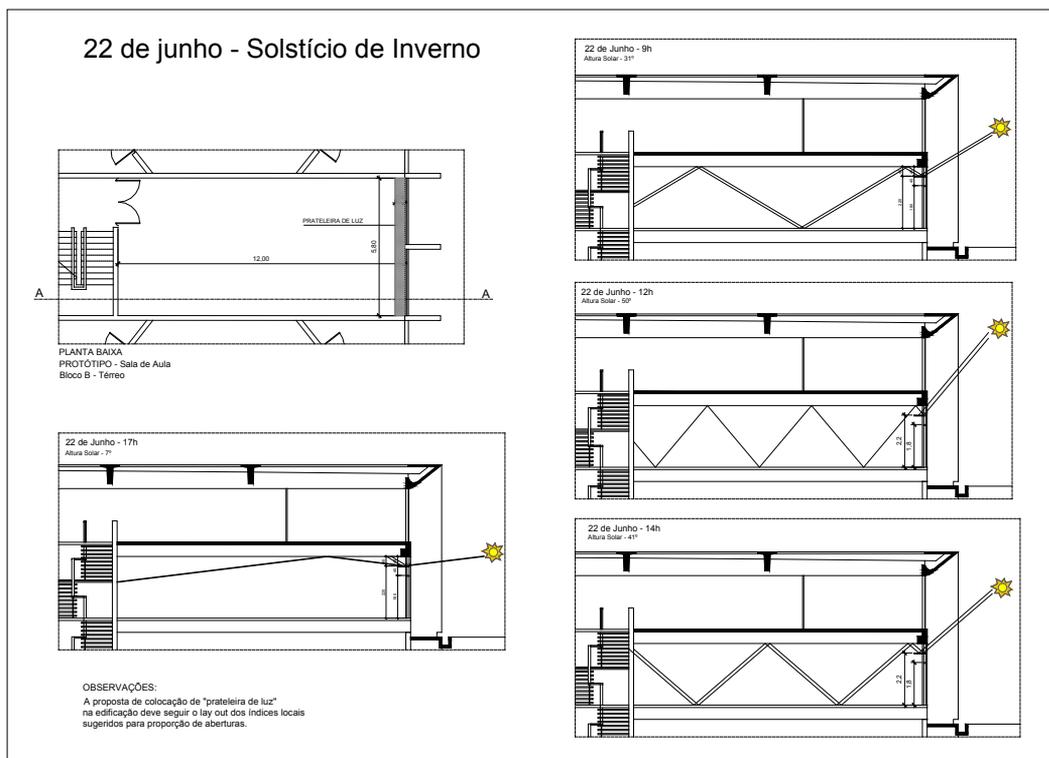
22 de Dezembro - Solstício de Verão



A2

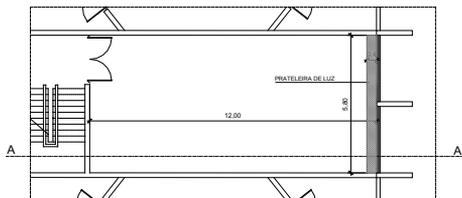


A3

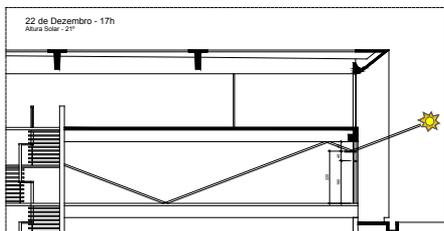


A3

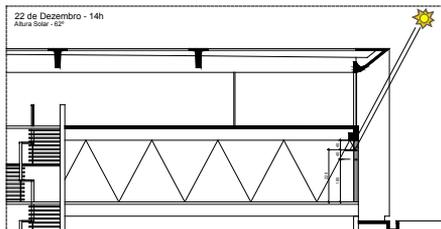
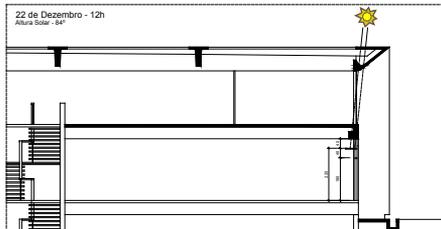
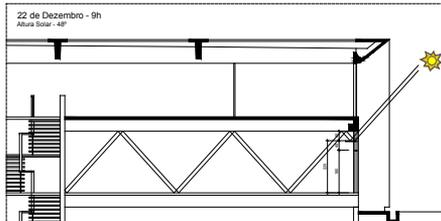
22 de Dezembro - Solstício de Verão



PLANTA BAIXA
 PROTÓTIPO - Sala de Aula
 Bloco B - Térreo

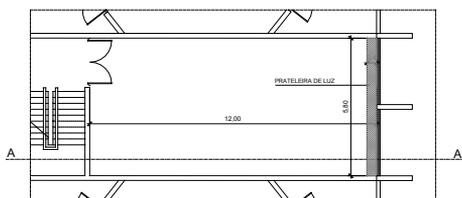


OBSERVAÇÕES:
 A proposta de colocação de "prateleira de luz"
 na edificação deve seguir o lay out dos índices locais
 sugeridos para proporção de aberturas.

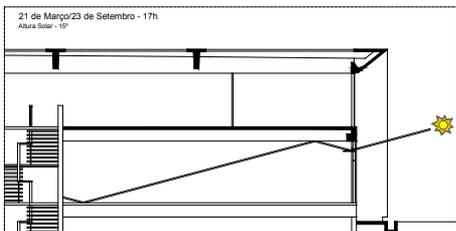


A3

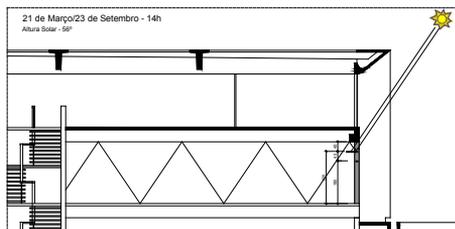
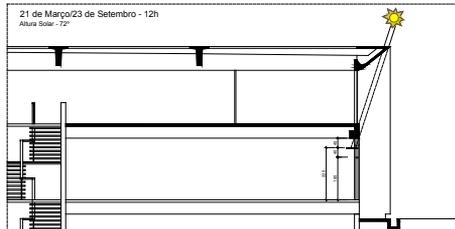
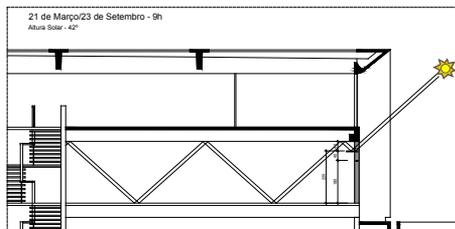
21 de Março/ 23 de Setembro - Equinócios



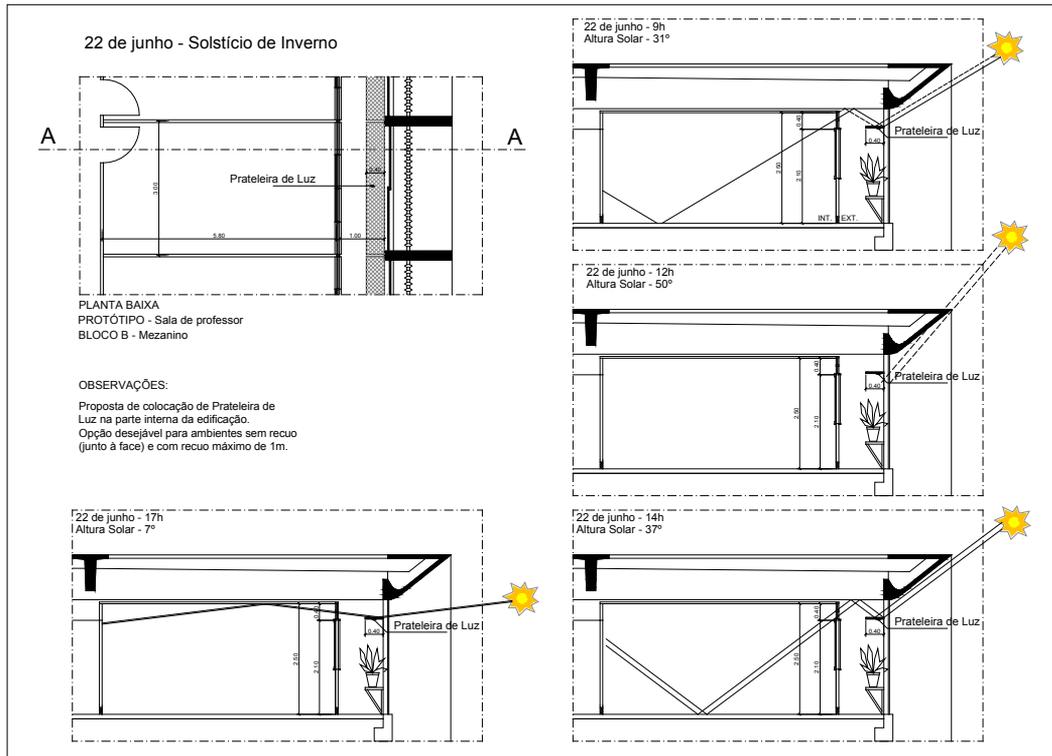
PLANTA BAIXA
 PROTÓTIPO - Sala de Aula
 Bloco B - Térreo



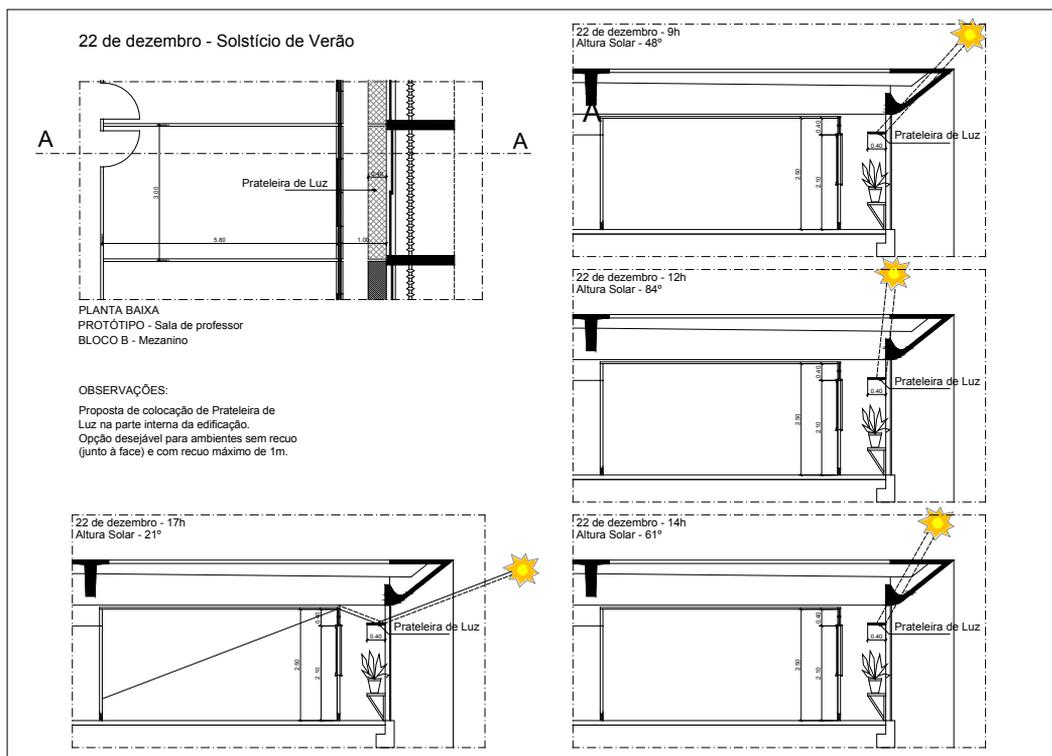
OBSERVAÇÕES:
 A proposta de colocação de "prateleira de luz"
 na edificação deve seguir o lay out dos índices locais
 sugeridos para proporção de aberturas.



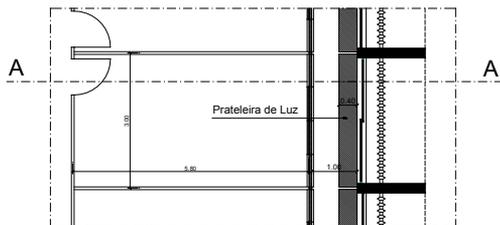
A4



A4

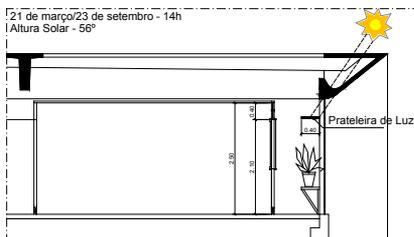
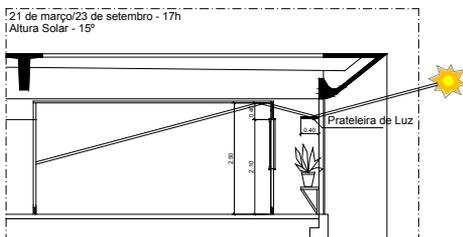
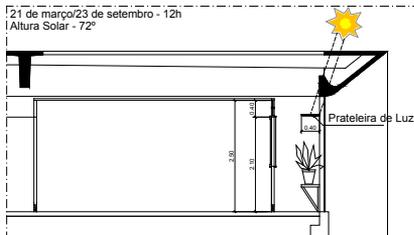
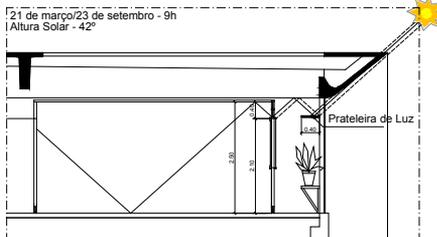


21 de março/23 de setembro - Equinócios



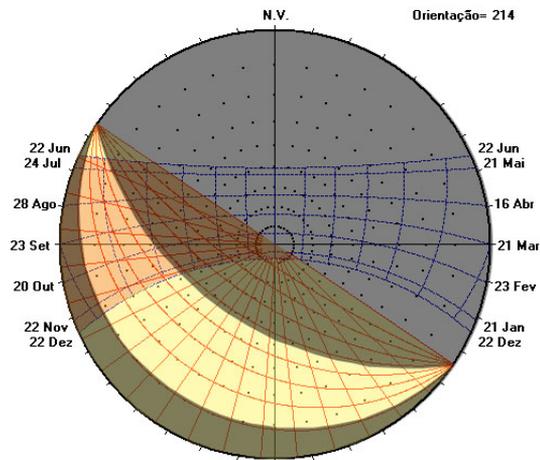
PLANTA BAIXA
 PROTÓTIPO - Sala de professor
 BLOCO B - Mezanino

OBSERVAÇÕES:
 Proposta de colocação de Prateleira de Luz na parte interna da edificação.
 Opção desejável para ambientes sem recuo (junto à face) e com recuo máximo de 1m.



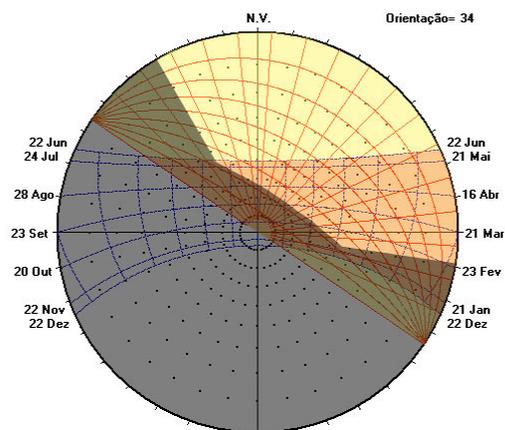
Diagramas solares

Ala Sul - AT 133



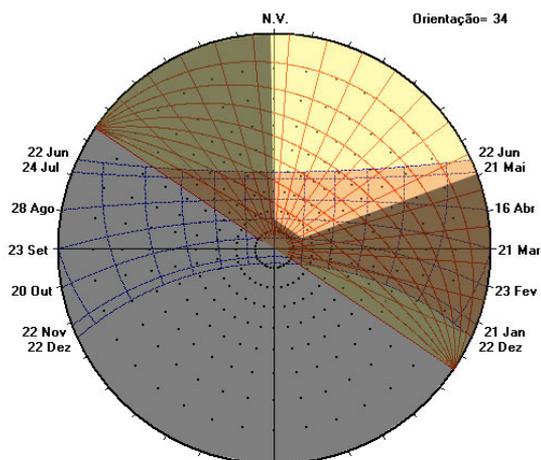
Solstício de verão: sol a partir das 15:30h até 17:45h.
Equinócio de outono: sol a partir das 16:10h até 17:35h.
Solstício de inverno: sol a partir das 16:45h até 17:25h.
Equinócio de primavera: sol a partir das 16:10h até 17:35h.

Ala Sul - ASS 056_9

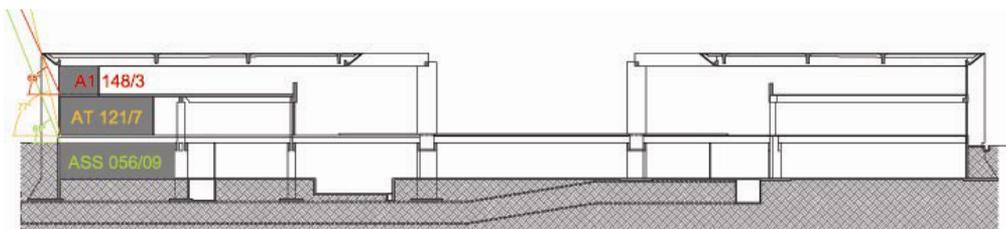


Solstício de verão: não há penetração solar.
 Equinócio de outono: sol a partir do nascente até 10:50h.
 Solstício de inverno: sol a partir do nascente até 13:30h.
 Equinócio de primavera: sol a partir do nascente até 10:50h.

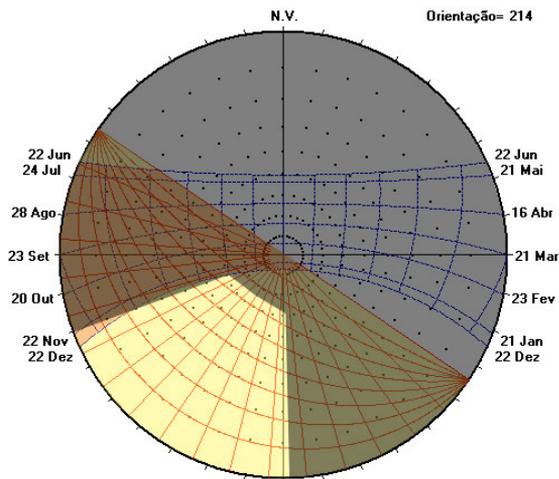
Ala Sul - AT 121_7



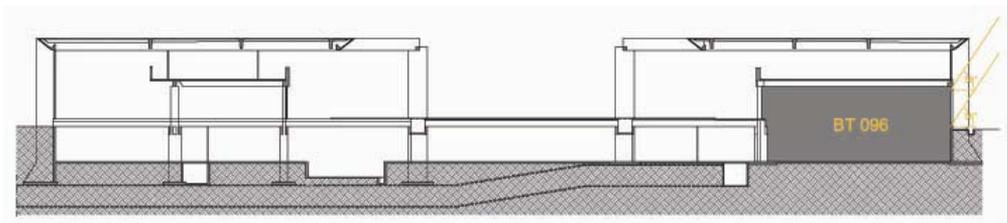
Solstício de verão: não há penetração solar.
 Equinócio de outono: sol a partir das 09:40h até 12:00h.
 Solstício de inverno: sol a partir do nascente até 12:05h.
 Equinócio de primavera: sol a partir das 09:40h até 12:00h.



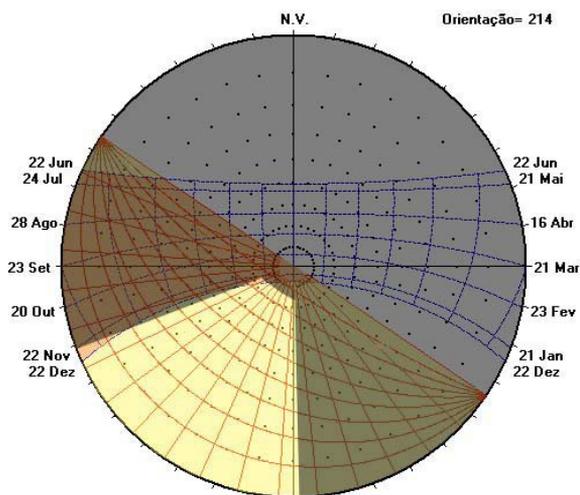
Ala Sul - BT 096 – Anfiteatro 4



Solstício de verão: sol a partir das 17:20h.
Equinócio de outono: não há penetração solar.
Solstício de inverno: não há penetração solar.
Equinócio de primavera: não há penetração solar.

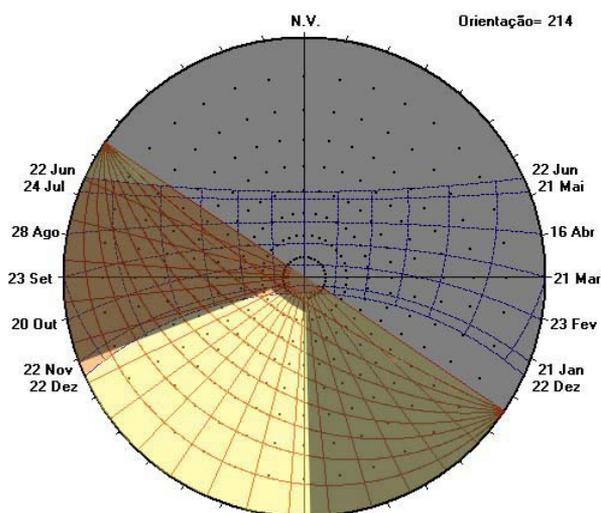


Ala Sul - B1 120 e B1 222



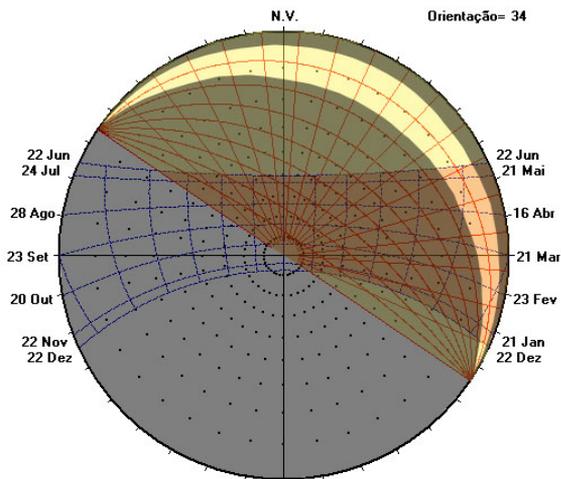
Solstício de verão: sol a partir das 17:10h até o final do dia.
 Equinócio de outono: não há penetração solar.
 Solstício de inverno: não há penetração solar.
 Equinócio de primavera: não há penetração solar.

Ala Sul - BT 006_56

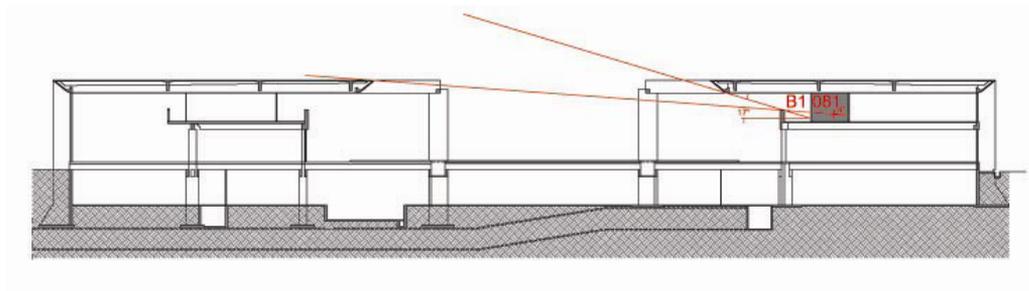


Solstício de verão: sol a partir das 13:00h até 13:30h e das 17:20h até o final do dia.
 Equinócio de outono: não há penetração solar.
 Solstício de inverno: não há penetração solar.
 Equinócio de primavera: não há penetração solar.

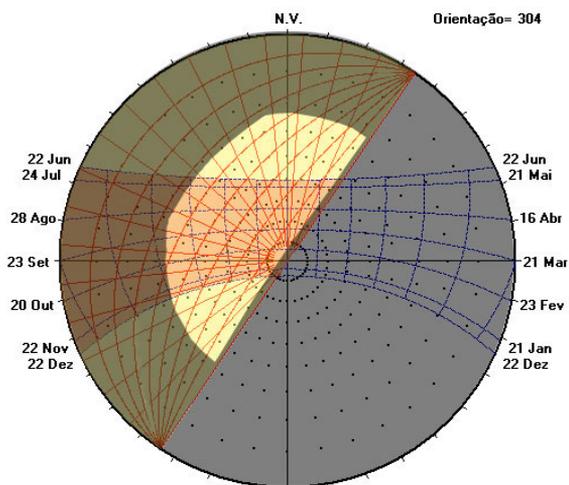
Ala Sul - B1 081



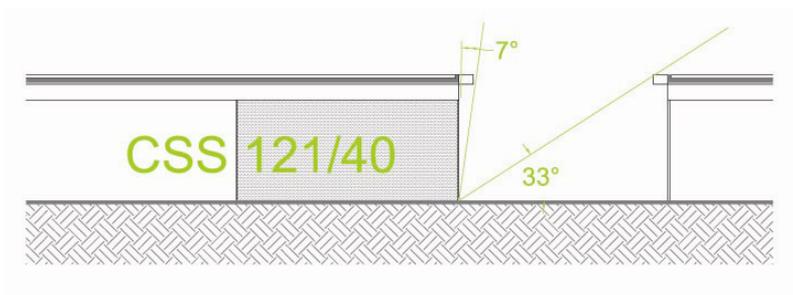
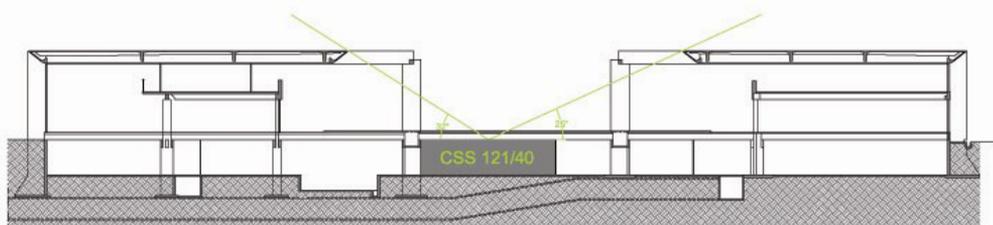
Solstício de verão: sol a partir das 05:40h até 05:50h.
Equinócio de outono: sol a partir das 06:15h até 06:40h.
Solstício de inverno: sol a partir das 06:40h até 07:35h.
Equinócio de primavera: sol a partir das 06:15h até 06:40h.



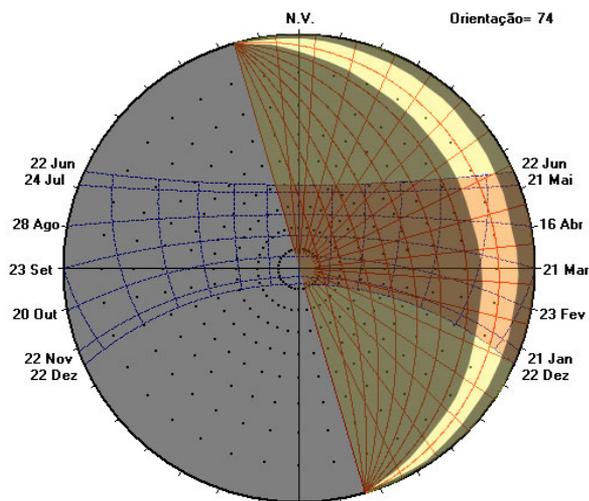
Ala Sul – CSS121/40



Solstício de verão: sol a partir das 13:35h até 16:00h.
 Equinócio de outono: sol a partir das 11:30h até 15:40h.
 Solstício de inverno: sol a partir das 10:30h até 14:55h.
 Equinócio de primavera: sol a partir das 11:30h até 15:40h.

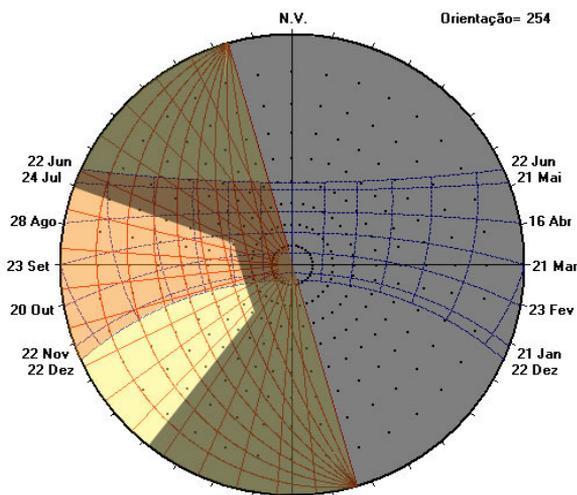


Ala Norte - B1 543/62



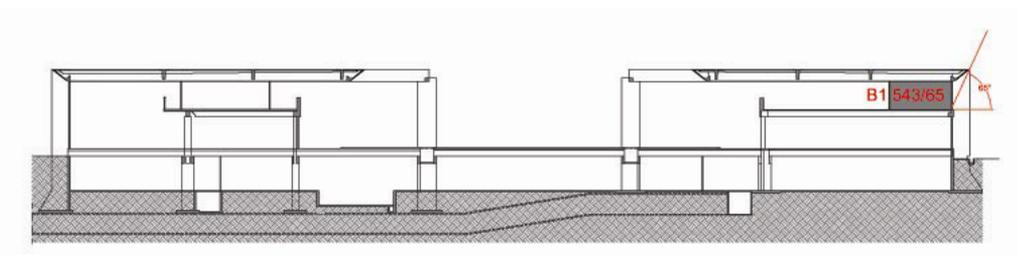
Solstício de verão: sol a partir das 05:50h até 06:30h.
Equinócio de outono: sol a partir das 06:20h até 07:05h.
Solstício de inverno: sol a partir das 06:40h até 07:35h.
Equinócio de primavera: sol a partir das 06:50h até 07:40h.

Ala Norte - B1 543/65

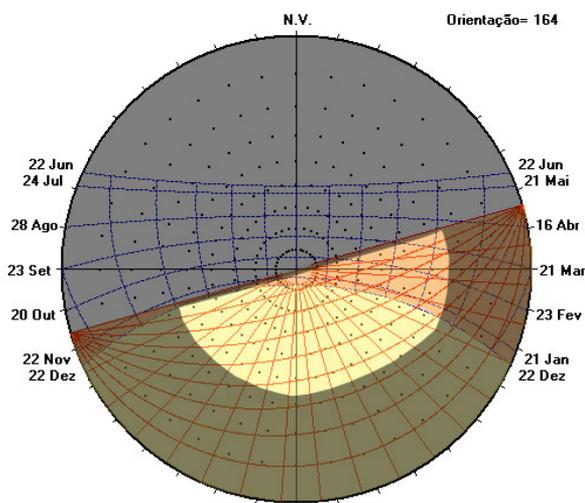


Solstício de verão: sol a partir das 13:40h até o final do dia.
Equinócio de outono: sol a partir das 14:30h até o final do dia.
Solstício de inverno: não há penetração solar.
Equinócio de primavera: sol a partir das 14:30h até o final do dia.

Ala Norte - B1 543/65

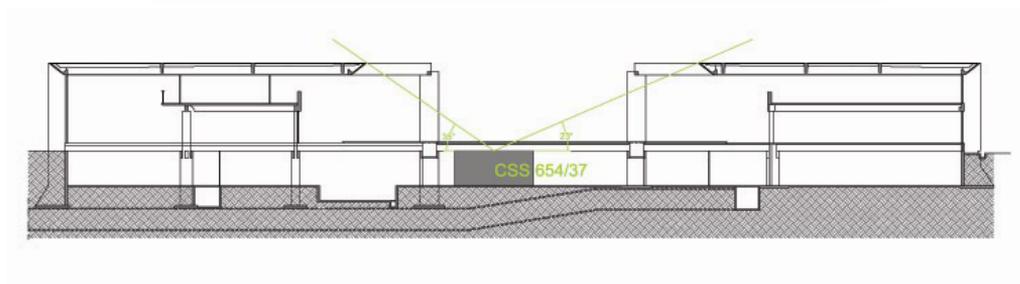
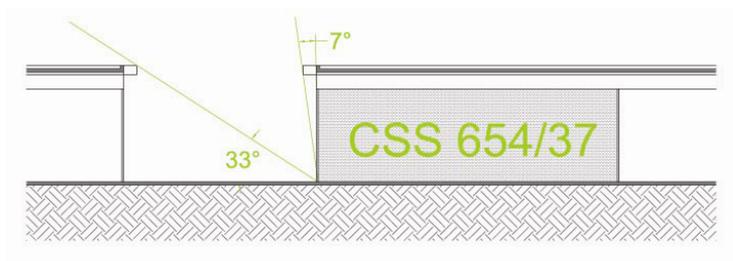


Ala Norte - CSS 654/37

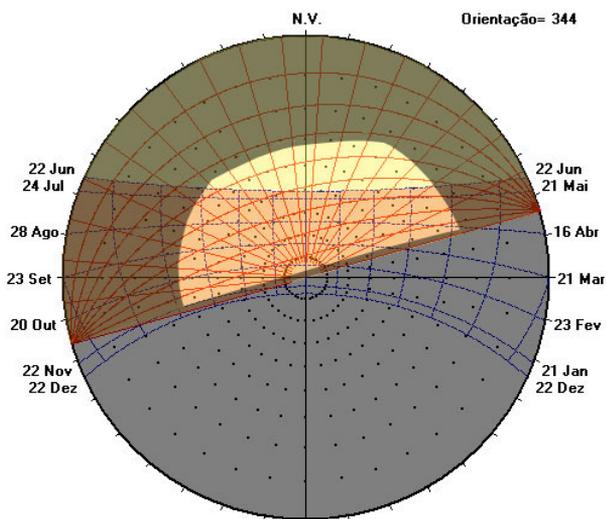


Solstício de verão: sol a partir das 07:20h até 13:20h.
 Equinócio de outono: sol a partir das 07:40h até 08:50h.
 Solstício de inverno: não há incidência solar.
 Equinócio de primavera: sol a partir das 07:40h até 08:50h.

Ala Norte - CSS 654/37

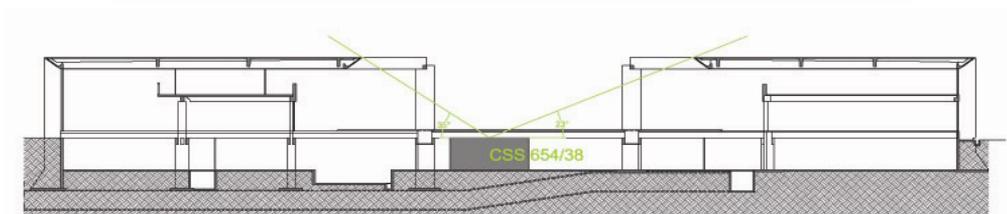
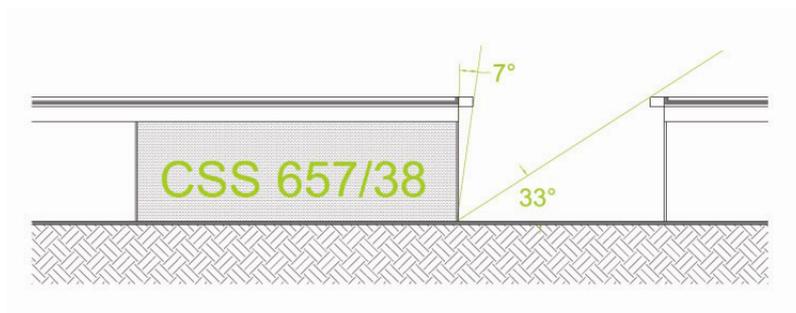


Ala Norte - CSS 657/38



Solstício de verão: não há incidência solar.
Equinócio de outono: sol a partir das 09:30h até 15:40h.
Solstício de inverno: sol a partir das 08:20h até 14:55h.
Equinócio de primavera: sol a partir das 09:30h até 15:40h.

Ala Norte - CSS 657/38



Fonte: Ceplan,2005

Isolamento sonoro

Os cálculos permitem um entendimento sobre a qualidade dos isolamentos dos ambientes e as deficiências de sua aplicação conforme as contiguidades e usos desses ambientes. Os resultados obtidos nos cálculos e estudos mencionados se apresentam no Anexo B2.

a) Exemplos de vedações que atendem aos índices de isolamento necessários

Na norma da ABNT *NBR-12179 - Norma para Tratamento Acústico em Recintos Fechados*, há valores de desempenho de vedações em relação ao isolamento sonoro. Para os valores definidos como necessários aos espaços típicos do ICC, temos as alternativas listadas na tabela abaixo (Quadro 14).

Quadro 14: Desempenho de vedações em relação ao isolamento sonoro

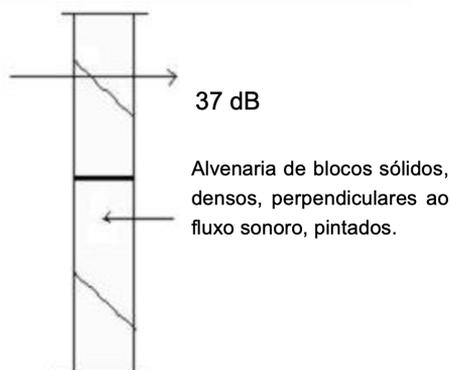
Material	Isolamento acústico em decibéis (500 Hz) [dB]
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 10 cm)	45
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 20 cm)	50
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 30 cm)	53
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 40 cm)	55

Material	Isolamento acústico em decibéis (500 Hz) [dB]
Chapa de fibra de madeira tipo “Soft-Board”, com camada de ar de 10 cm	30
Concreto – laje entre pavimentos	68
Vidro de fundição (espessura de 4 a 6 mm) duas placas com camada de ar intermediária	36
Concreto celular (espessura de 15 cm) com rebo-co nas duas faces*	40

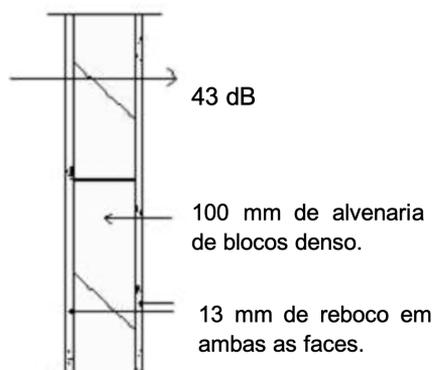
Fonte: NBR-12179 Norma para Tratamento Acústico em Recintos Fechados. * Dado fornecido por fabricante

b) Exemplos de paredes com seus respectivos valores de isolamento

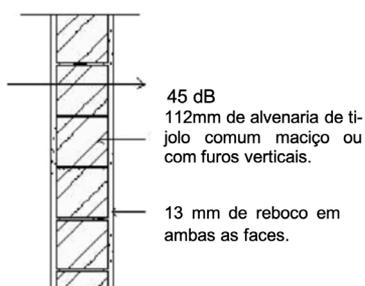
- Isolamento de 37 dB.



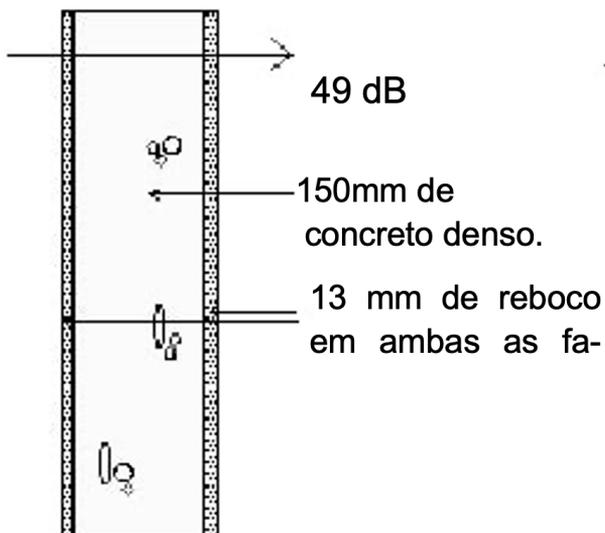
- Isolamento de 43 dB.



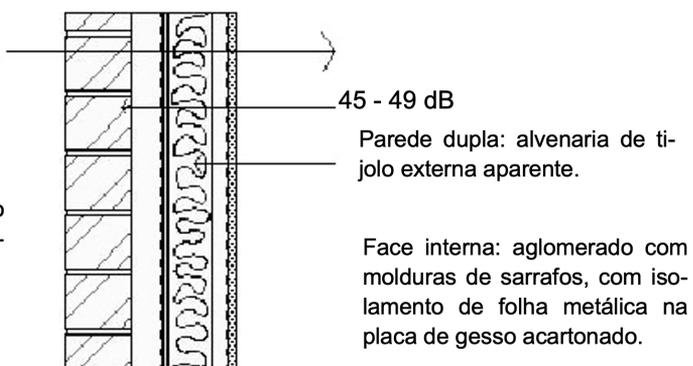
- Isolamento de 49 dB.



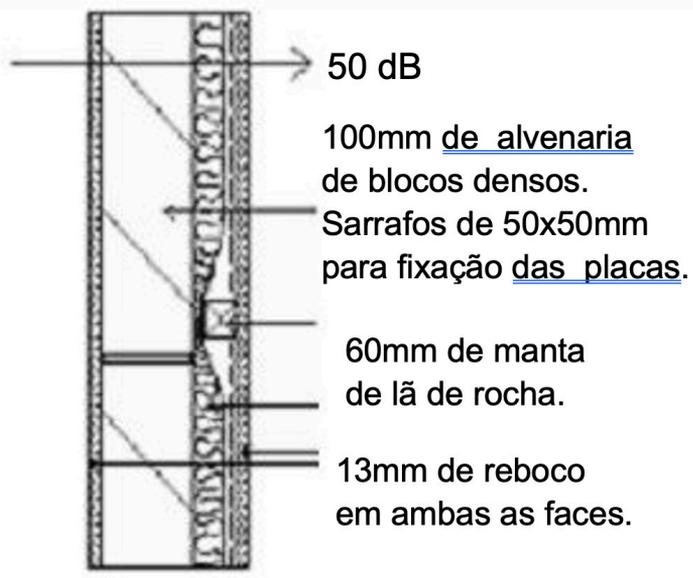
- Isolamento de 45-49 dB.

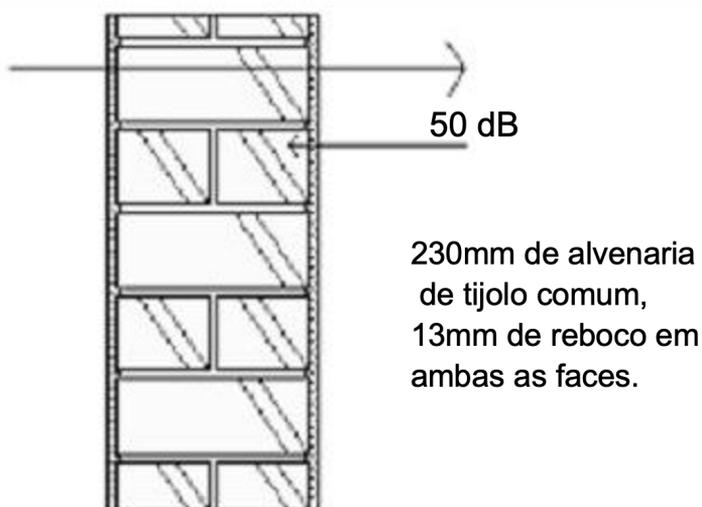


- Isolamento de 50 dB.



- Isolamento de 50 dB.





B 1: Exemplos de paredes com seus respectivos valores de isolamento

Tempo de reverberação

É conceituado como o tempo de decaimento do nível sonoro de um determinado som após o término da sua emissão.

Em salas de aula, a condição pretendida é a da inteligibilidade, isto é, é necessário que as informações sejam entendidas além de ouvidas. Isto não ocorre, ou fica dificultado, quando os Tempos de Reverberação são mais longos do que devem ser. A sobreposição da silabação é o que acarreta o comprometimento da inteligibilidade.

Para a análise do TR dos espaços do ICC, foram utilizados dois programas computacionais, o *REVERB – Aplicativo para Projeto Acústico de Salas* e o *ECOTECH*. Os materiais de revestimentos e/ou aparentes dos espaços estudado são os que estão no Quadro 15 com os seus respectivos valores de coeficientes de absorção sonora.

Quadro 15: Coeficientes da absorção utilizados nas simulações com o programa Reverb

Materiais	Frequências (Hz)					
	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Alvenaria rebocada pintada	0,018	0,018	0,023	0,023	0,024	0,024
Alvenaria revestida com cerâmica	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Armário de madeira	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Armário metálico	0,002	0,002	0,0025	0,0025	0,003	0,003
Concreto aparente	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Estantes com livros	0,11	0,33	0,39	0,6	0,79	0,68
Fórmica	0,04	0,035	0,03	0,03	0,03	0,05
Forro de gesso	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
Granitina	0,012	0,012	0,015	0,016	0,016	0,016
Laje pintada	0,015	0,015	0,022	0,022	0,025	0,025
Madeira envernizada	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Vidro comum, pequena superfície	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
Vidro em grande superfície	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Piso tipo porcelanato	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Piso vinílico	0,01	0,01	0,012	0,015	0,015	0,015
Porta de madeira comum (ABNT)	0,14	0,1	0,06	0,08	0,1	0,1

Fonte: NBR-12179 Norma para Tratamento Acústico em Recintos Fechados

Coefficientes da absorção de elementos isolados utilizados nas simulações com o programa Reverb

Elementos Isolados	Frequências (Hz)					
	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Cadeira estofada couro sintético	0,13	0,14	0,15	0,1	0,07	0,07
Cadeira vazia encosto contraplacado	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03
Pessoa adulta sem cadeira	0,09	0,18	0,19	0,17	0,1	0,05
Pessoa adulta com cadeira	0,33	0,33	0,44	0,45	0,46	0,46

Fonte: NBR-12179 Norma para Tratamento Acústico em Recintos Fechados

Casos típicos

Os resultados da avaliação dos ambientes do ICC mostraram a preponderância de ambientes bastante ou medianamente reverberantes. Isto se deve, em geral, ao fato de os volumes internos serem maiores do que os ideais para sua ocupação, à escassa presença de aberturas e aos materiais de revestimento ou aparentes internamente serem bastante reflexivos. Mesmo em espaços de dimensões menores, como são as salas de professores, ainda há reverberação um pouco acima do ideal, por serem os fechamentos de materiais reflexivos e com muito poucas aberturas.

Analisamos a seguir alguns dos locais do ICC, com o objetivo de listar alguns dos defeitos acústicos comuns a todo o prédio.

Anfiteatros

Figura 72: Anfiteatro



Fonte: Ceplan (2005).

As aberturas de ventilação dos Anfiteatros permitem a entrada de ruídos dos estacionamentos, ocasionando pobres 15 dB de redução de ruído no fechamento externo. Desta forma, os ruídos dos motores dos carros são escutados com 70 dB ou mais no interior. De forma similar, as aberturas para a circulação interna do ICC permitem que as conversas dos corredores sejam escutadas com 50 dB ou mais no interior do Anfiteatro.

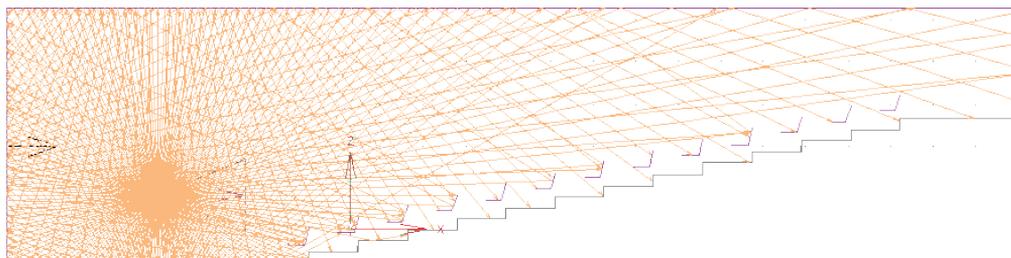
O grande volume do Anfiteatro e a falta de material absorvente fazem com que a fala do professor chegue às últimas fileiras com nível inferior a 45 dB – inferior aos ruídos externos. A reverberação, maior que 4 segundos impede qualquer compreensão do texto falado.

Tempos de Reverberação para as frequências dos limites da fala, muito acima dos valores ideais; nas baixas frequências, 50% a mais valores aceitáveis para 125Hz apenas; nas médias excedem em mais de 100%; a partir de 1kHz começa a diminuir a diferença, mas ainda fica por volta dos 50% acima, muito mais que os 10% máximos admitidos. Além de todas as superfícies reflexivas as cadeiras são rígidas de plástico, o volume/pessoa é 50% maior que o ideal de 3m³/pessoa para salas de conferências. Este volume muito acima do ideal se deve especialmente ao pé-direito duplo na área do professor e ao teto plano do auditório.

Quanto ao estudo das reflexões, as simulações mostraram o acentuado reforço para a área do professor e para a plateia mais próxima; as poltronas do meio para o fundo da sala não recebem o reforço das reflexões que deveria. O paralelismo entre as paredes laterais e do espaço do professor reforça essa condição desfavorável.

O teto plano, além de contribuir com o aumento do volume total do anfiteatro, não direciona as reflexões para a parte posterior da plateia.

Figura 73: Gráfico das reflexões sonoras em corte do Anfiteatro 04 – situação atual (Programa Ecotect)

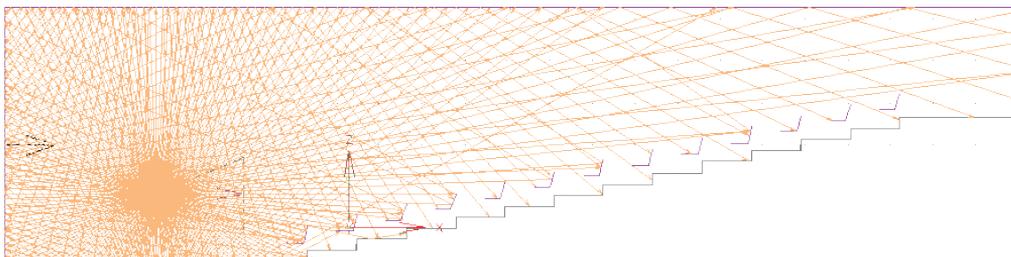


Fonte: Ceplan (2005).

Quanto à atenuação, a perda é de 10 a 15dB logo a partir dos seis metros da fonte, e se mantém a mesma até o final da sala, com pequenas diferenças por faixas de frequências. Esta condição é inaceitável para a fala sem aparatos de amplificação, pois o nível de intensidade da voz chegando a 45 ou 50 dB não se classifica como uma situação de boa audibilidade.

Quanto ao estudo das reflexões, as simulações mostraram o acentuado reforço para a área do professor e para a plateia mais próxima; as poltronas do meio para o fundo da sala não recebem o reforço das reflexões que deveria. O paralelismo entre as paredes laterais e do espaço do professor reforça essa condição desfavorável. O teto plano, além de contribuir com o aumento do volume total do anfiteatro, não direciona as reflexões para a parte posterior da plateia.

Figura 74: Gráfico das reflexões sonoras em corte do Anfiteatro 04 – situação atual (Programa Ecotect)



Fonte: Ceplan (2005).

Sala de aulas / Laboratório (face CSS 657/38)

O enfraquecimento dos fechamentos, por volta de 20 dB, permite a passagem de muito ruído externo, tanto da sala de aulas contígua quanto da circulação. A reverberação (1,6 segundos) é muito alta, especialmente por causa do pé direito baixo.

Os valores respectivos de volume por pessoa dessas salas são de 4,80; 5,40 e 5,20 m³/pessoa, sendo que os ideais seriam na faixa de 3,00 m³/pessoa.

Sala de computadores (CPD BSS 429/63)

O enfraquecimento dos fechamentos é precário: 40 dB. A reverberação é exasperadamente elevada (mais de 2 segundos, quando o valor esperado seria 0,7 segundos), por causa do baixo nível de ocupação. A aplicação de um forro absorvente, além de deixar a reverberação próxima ao valor ideal, baixaria o nível de ruído que entra pelos fechamentos verticais.

TR acima em mais de 100% das referências. Os ruídos emitidos pelos computadores são predominantemente constituídos de baixas frequências

Em salas com computadores, as áreas por alunos tendem a ser maiores, pois o mobiliário ocupa mais espaços. Porém, as salas estudadas apresentam 5,20; 5,70; 5,60 e 8,30 m³/pessoa, respectivamente, muito acima dos ideais de 3,00 m³/pessoa.

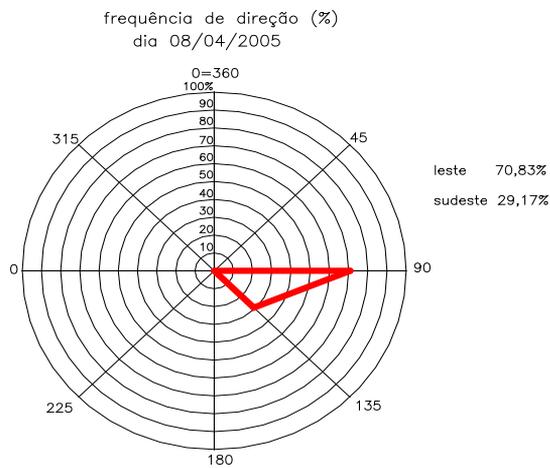
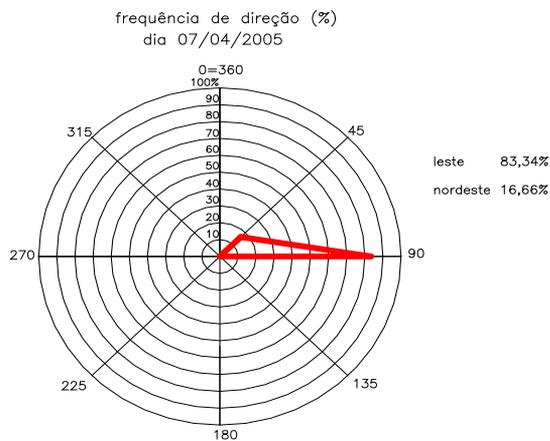
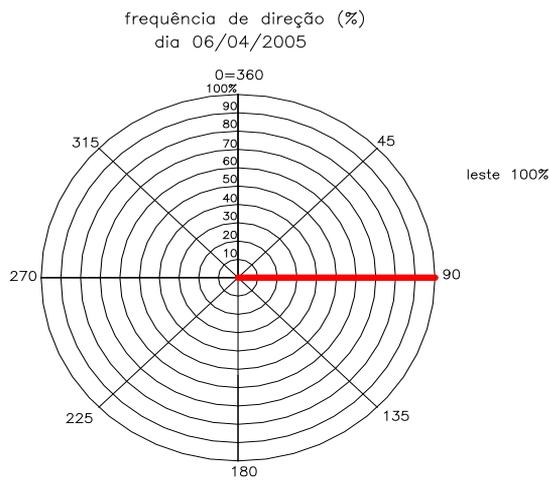
Sala de professores (face B1 543/62)

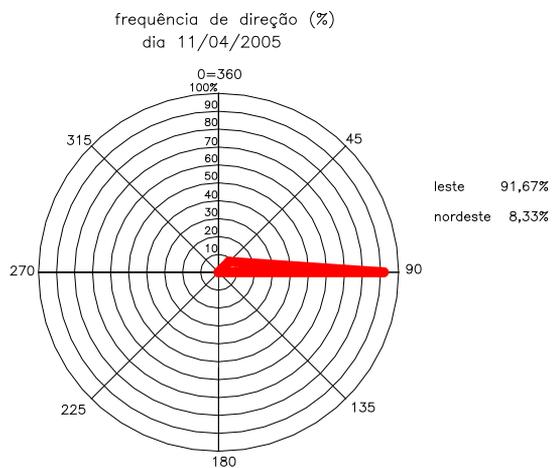
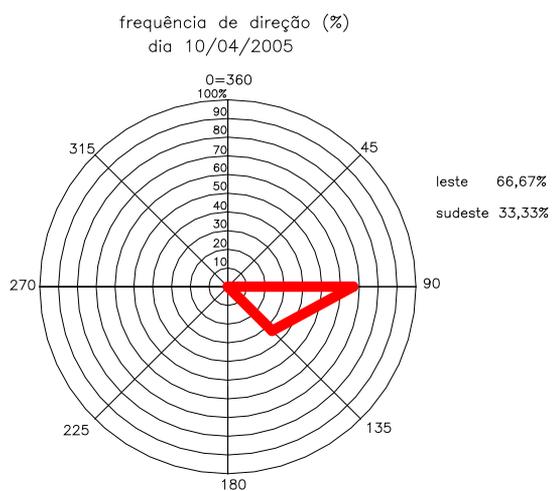
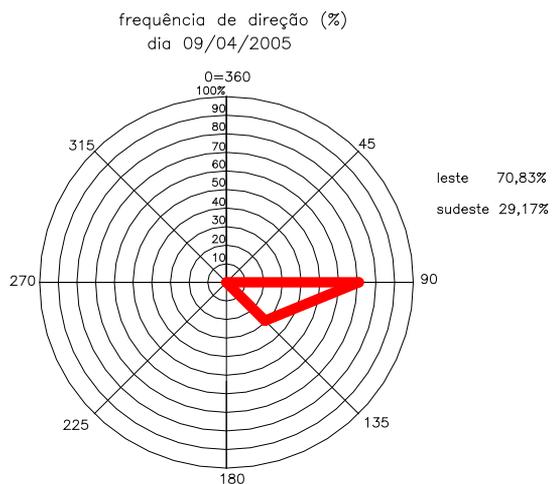
Os ruídos penetram facilmente pelos fechamentos verticais com enfraquecimentos na faixa dos 23 dB. Apesar de serem salas pequenas, a relação volume por pessoa é muito grande pela ocupação ser de um ou dois professores por sala. Esses valores variam entre 8,50 e 19,00 m³/p.

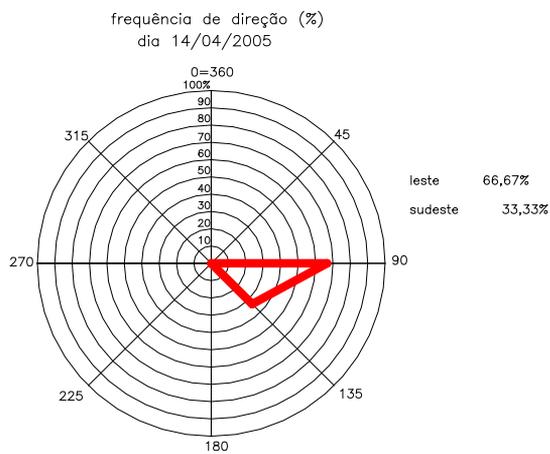
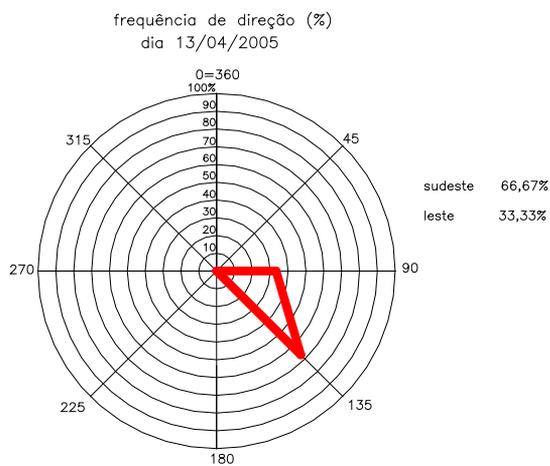
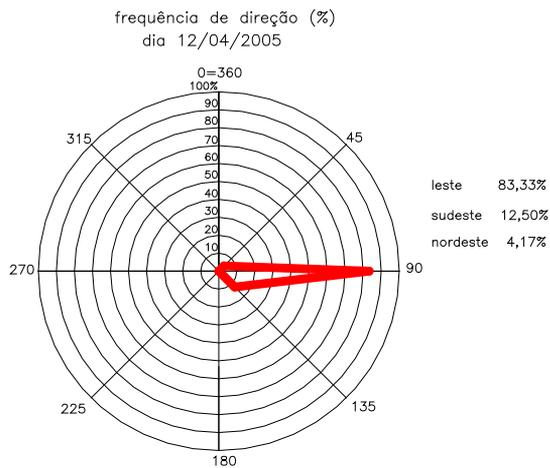
Salas de Administração (A1-144/06, BSS-373/61 e CSS – 457/45)

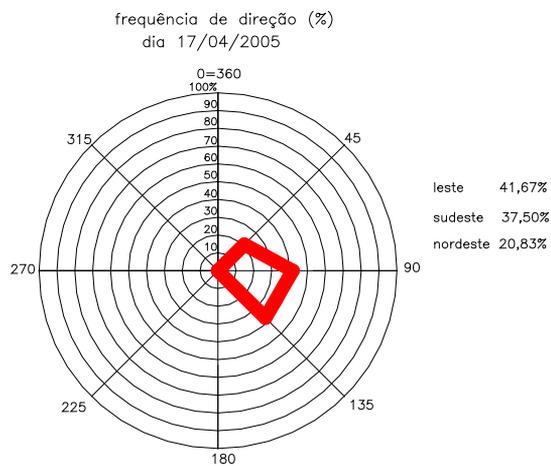
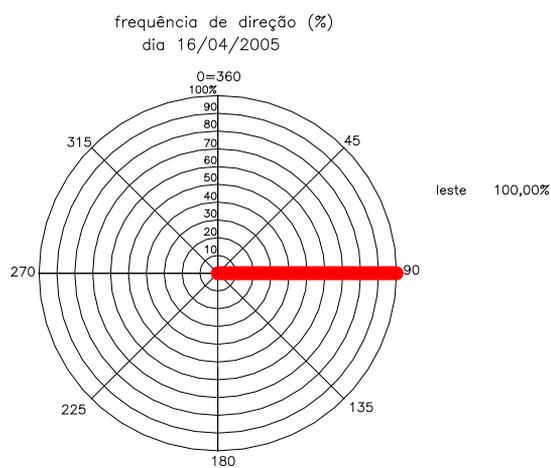
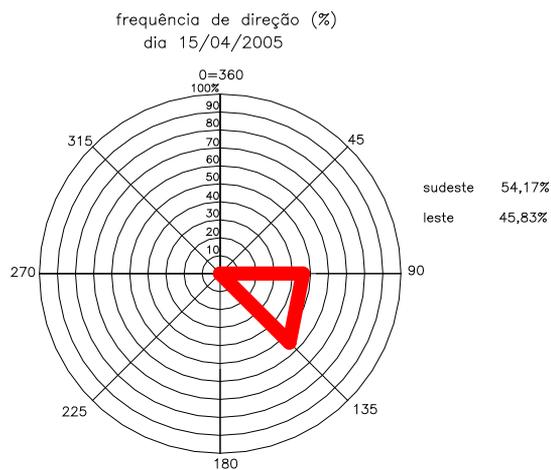
As simulações feitas mostraram valores altos de reverberação em todas as frequências ou satisfatórios conforme a taxa de ocupação. Estas salas não apresentam necessidade de tantos cuidados com a reverberação, porém salas muito reverberantes são incômodas, além de intensificar a percepção dos ruídos.

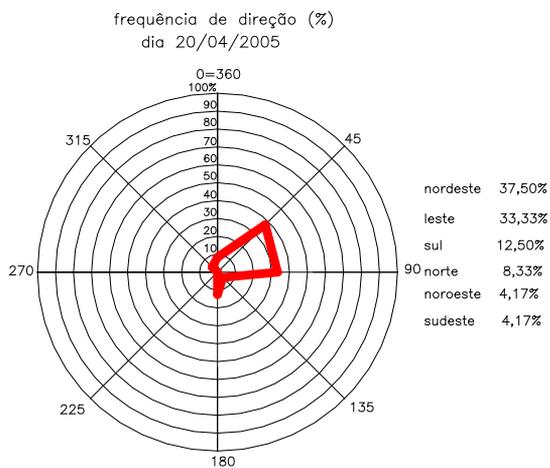
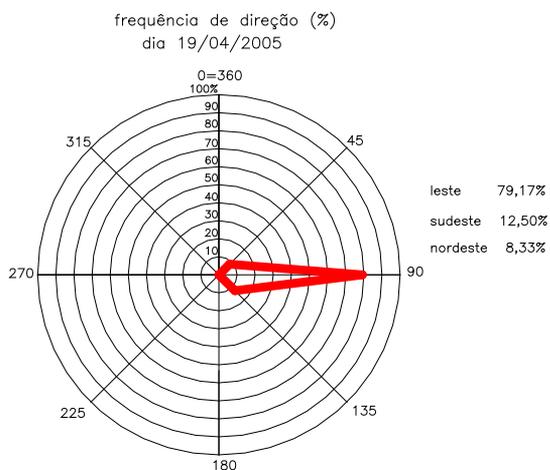
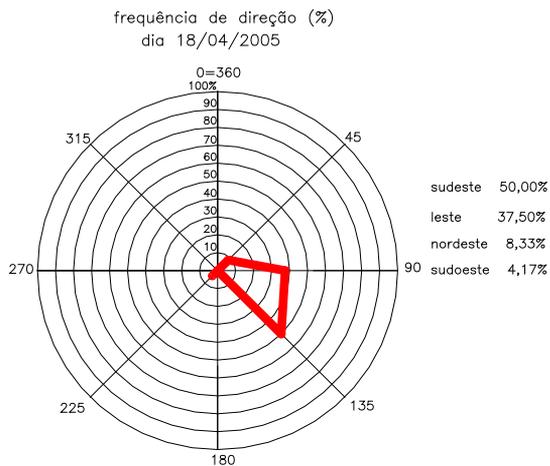
Rosa dos ventos – Frequências dos ventos

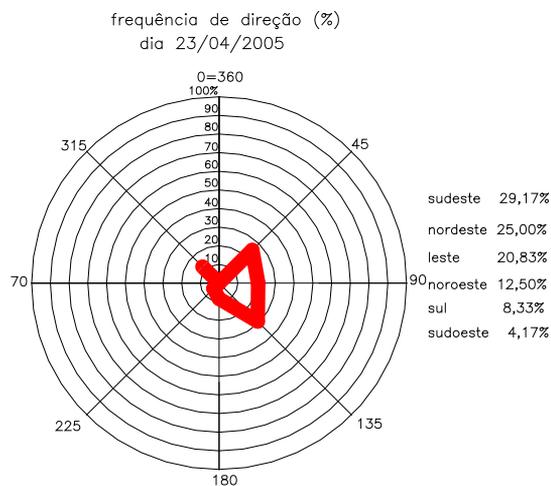
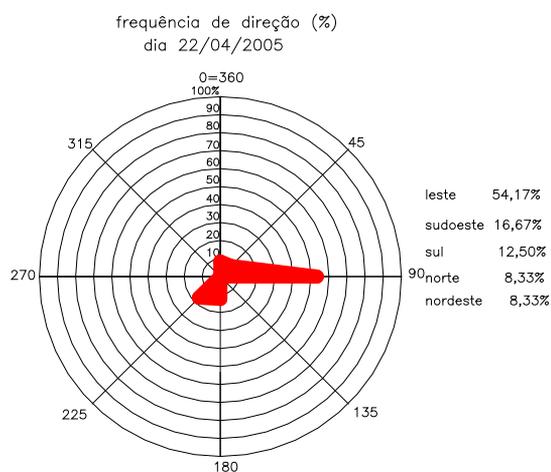
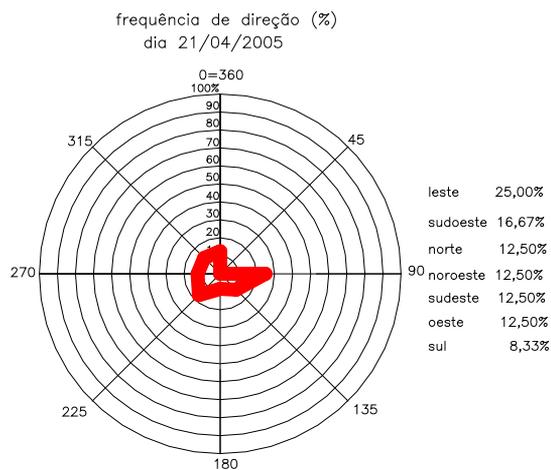


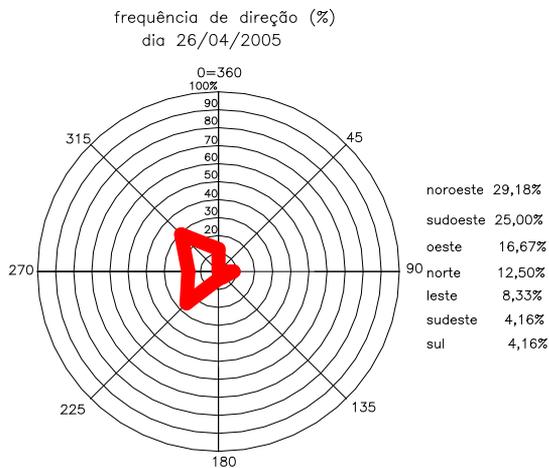
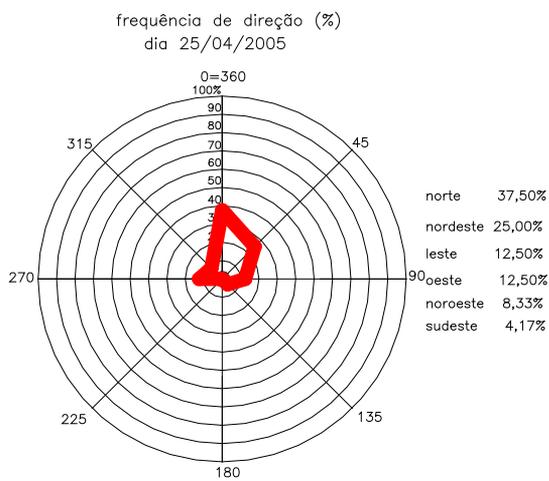
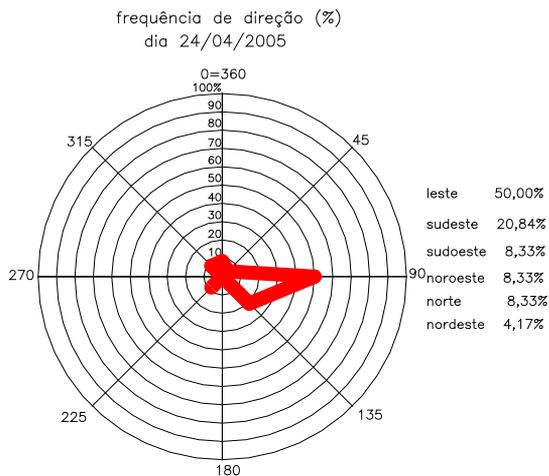


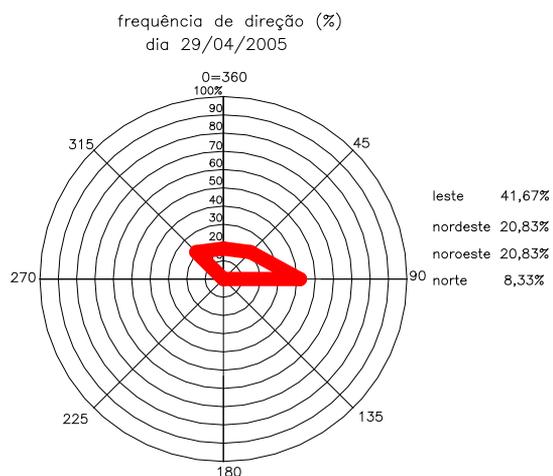
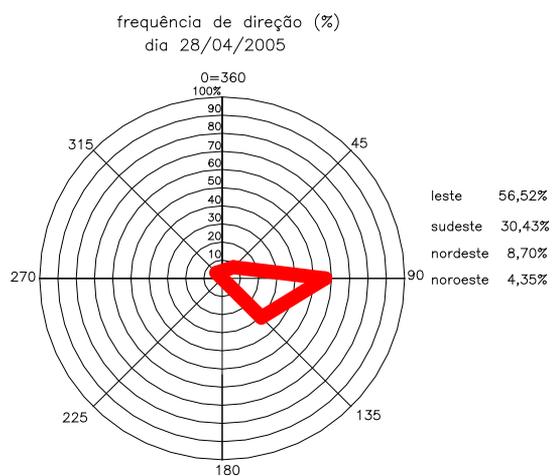
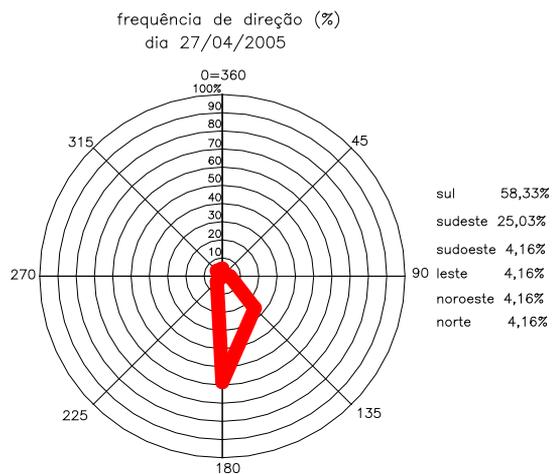


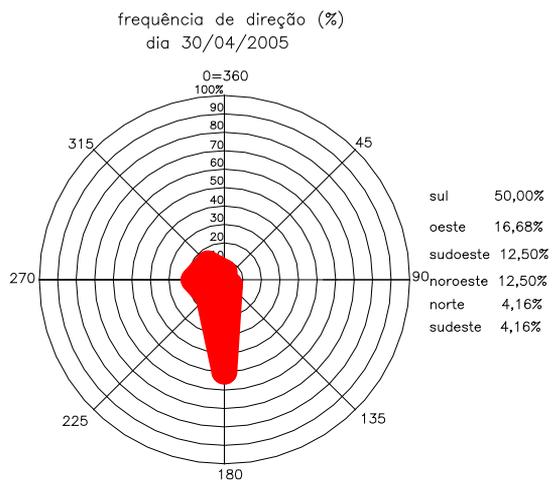












Fonte: Ceplan (2005)

Este livro foi composto em UnB Pro e Liberation Serif.

Avaliação Ambiental Integrada do Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília – ICC

Este livro traz uma Avaliação Ambiental Integrada do Instituto Central de Ciências (ICC) da Universidade de Brasília (UnB), para instrumentar seu Plano de Reordenamento físico de 2005, que visava à manutenção do espaço icônico, apto para atender as necessidades do momento e do futuro. Sendo as universidades organizações complexas, cuja permanência depende de sua capacidade de se adaptar a mudanças rápidas do meio ambiente, aumenta o interesse pela ideia de flexibilidade, que, no caso do ICC, traduz-se pela independência da estrutura em relação às atividades desenvolvidas no seu interior. Tendo em vista que a motivação essencial dos planejadores da UnB era de que os institutos centrais e também as faculdades deveriam ser lugares de atividades criadoras, não ambientes de ensino, Oscar Niemeyer decidiu reunir boa parte deles num único edifício, capaz de acomodar qualquer programa de utilização. Sua estrutura básica mostra-se, portanto, perene e imutável, em oposição ao caráter transitório dos espaços organizados sob sua proteção. É na arquitetura do ICC que os diferentes conceitos de abertura formal parecem se encontrar, e os espaços resultam fluidos, vibrantes, imponderáveis, sendo exemplarmente vivenciados e ocupados. De fato, seus pórticos não apenas parecem prolongar indefinidamente no espaço, como se prestam às mais imprevisíveis e diversificadas formas de apropriação individual. Niemeyer transformou o ICC em um elemento estruturador do *campus*, o que contribuiu para a criação da atmosfera do lugar, onde o projeto cria laços, não fica isolado na paisagem e sinaliza o caráter urbano do *campus*.