

Adriane Sobreira da Silva

**INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NA ILUMINAÇÃO NATURAL  
DE INTERIORES: ELEMENTOS DE CONTROLE E ENTORNO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Claro

Florianópolis  
2013



Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Sobreira, Adriane

Influência da vegetação na iluminação natural de interiores : Elemento de controle e entorno / Adriane Sobreira ; orientador, Anderson Claro - Florianópolis, SC, 2013.

191 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.

Inclui referências

1. Arquitetura e Urbanismo. 2. Arquitetura e Urbanismo. 3. Vegetação na paisagem urbana. 4. Iluminação natural. I. Claro, Anderson. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

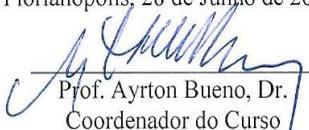


Adriane Sobreira da Silva

**INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NA ILUMINAÇÃO NATURAL  
DE INTERIORES: ELEMENTOS DE CONTROLE E ENTORNO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – PósArq.

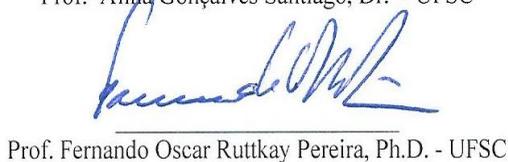
Florianópolis, 28 de Junho de 2013.

  
Prof. Ayrton Bueno, Dr.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

  
Prof. Anderson Claro, Dr.  
Orientador - UFSC

  
Prof.<sup>a</sup> Alina Gonçalves Santiago, Dr.<sup>a</sup> - UFSC

  
Prof. Fernando Oscar Ruttkay Pereira, Ph.D. - UFSC

  
Prof.<sup>a</sup> Virginia Maria Nogueira de Vasconcellos, Dr.<sup>a</sup> - UFRJ



Este trabalho é dedicado à minha família, por todo o apoio, carinho e amor.



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais amados Luiz e Willma, que com seus constantes conselhos, apoios e incentivos me fizeram ser a pessoa que sou hoje. Mesmo com a distância, as vezes insuportável, estavam sempre me oferecendo uma palavra de conforto e carinho.

Aos meus irmãos, cunhados e avó, os quais também amo muito, que estão sempre torcendo pela minha felicidade e sucesso.

A todos os meus amigos e familiares, em especial Rê, Déia, Paulinha, Luiz, Alessa e André, pela amizade e companheirismo.

Aos meus queridos amigos do LabCon, e agregados, que estiveram comigo durante essa jornada e foram como uma família para mim aqui em Floripa Vivi, Marcelo, Carol Carvalho, Laurita, Rapha, Rafa, Alejo, Carol Dal Soglio, Isa, Cíntia, Lucia, Cata, Carol, Andrea, Pam. Em especial à minha amiga Lê que tanto me ajudou, não somente com trabalho braçal, mas também dando apoio e oferecendo um ombro amigo sempre que eu precisei.

Ao meu orientador, Anderson Claro, e aos membros da banca Examinadora, por terem acreditado em mim.

A CAPES pelo apoio financeiro através de uma bolsa de estudos.

À Ana Maria e a Mariany, da secretaria do PósArq, que desde o início da minha matrícula me ajudaram com orientações, incentivos e a resolver eventuais problemas.

E a todas as pessoas que de alguma maneira me ajudaram a concluir essa etapa da minha vida e contribuíram para a elaboração deste trabalho.



## RESUMO

Com o avanço da tecnologia vieram os problemas com o meio ambiente, recursos naturais foram esgotados e uma grande quantidade de resíduo tóxico passou a ser descartada na natureza. Sendo assim, atualmente, a sustentabilidade é o novo ideal a ser seguido pela sociedade, que voltou a entender a importância de integrar a vegetação ao meio em que vivemos. No universo da arquitetura, voltaram a ser integrados ao projeto conceitos como a iluminação natural, mas sua incorporação ao projeto de iluminação deve ser realizada de maneira controlada, de forma a proporcionar um conforto ambiental ao usuário. A vegetação na perspectiva do conforto ambiental tem, atualmente, como foco principal, amenizar a incidência de calor no interior de um edifício. No entanto, seu aproveitamento como contribuinte lumínica é inexistente, sabendo-se apenas que ela possui a capacidade de reduzir a incidência solar direta. O objetivo deste estudo é analisar o comportamento da vegetação como elemento de controle e fonte de luz natural para um ambiente. Para isso, foi desenvolvida uma metodologia onde foram realizados estudos de caso analisando a influência de uma massa vegetal, presente na paisagem, na iluminância de um ponto em um ambiente externo e interno, e em seguida foi elaborado um experimento em um modelo físico em escala reduzida, onde se verificou a iluminância interna com três tipologias de fachadas distintas (um modelo sem nenhuma proteção solar, um modelo com uma obstrução bloqueadora na cor preta e um modelo com obstrução bloqueadora vegetal). Analisando os resultados obtidos, através dos estudos de caso realizados, pôde-se observar que a vegetação possui características importantes que devem ser consideradas durante a elaboração de um projeto lumínico que ter como um elemento de controle uma massa vegetal. Isto porque ela é capaz de refletir, transmitir e difundir a luz natural, ao mesmo tempo em que filtra os raios solares.

**Palavras-chave:** Massas vegetais, Projeto de iluminação, Luminância das vegetações, Iluminância das vegetações, Iluminação Natural, Barreira vegetal.



## ABSTRACT

With the advancement of technology came the problems with the natural environment, natural resources have been exhausted and a large amount of toxic residue has to be disposed of in nature. Therefore, sustainability is the new ideal to be followed for the society, which returned to understand the importance of integrating the vegetation in the urban environment. In the world of architecture, return to being integrated the design concepts such as natural lighting. But their incorporation into the lighting design should be performed in a controlled way, in order to provide comfort for the environment user. The vegetation in the perspective of environmental comfort has as its main focus, to reduce the incidence of heat. However, their use as a luminous contributor is nonexistent, the only knowledge is that she has the ability to reduce direct sunlight. The aim of this study is to analyze the behavior of vegetation as an element of control and source of natural light to environment. For this, a methodology was developed where case studies were performed analyzing the influence of a plant mass, present in the landscape, in the illuminance of a point on an external and internal environment, and then was drawn up an experiment in a scaled physical model reduced, where was detected the internal illuminance with three distinct types of facades (a model without any sunscreen, a model with an obstruction blocking black and a model with obstruction blocking plant mass). Analyzing the results obtained, through case studies, it was observed that the vegetation has important features that should be considered during the preparation of a lighting project who have a vegetation as an element of control. This because, like this research verified, a plant mass is able to reflect, transmit and distribute natural light, while filtering the sunlight that affect the environment directly.

**Keywords:** Mass plants, Lighting design, Luminance and illuminance of vegetation, Daylight, Vegetation obstruction.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem da estrutura da fachada do edifício residencial em Barcelona. (Imagem retirada do site <a href="http://popupcity.net/2012/08/vegitecture-a-supersized-green-wall-in-barcelona/">http://popupcity.net/2012/08/vegitecture-a-supersized-green-wall-in-barcelona/</a> ).....	26
Figura 2: Ed. Torre Huerta (Imagens retiradas do site: <a href="http://www.mvrdiv.nl/#/projects/285torrehuerta">http://www.mvrdiv.nl/#/projects/285torrehuerta</a> ). .....	28
Figura 3: Altar da Igreja da Luz, do arquiteto Tadao Ando, localizada em Osaka/Japão. ....	35
Figura 4: Esquema ilustrativo da Reflexão. Fonte: Baker (1993).....	37
Figura 5: Esquema ilustrativo da Transmissão. Fonte: Baker (1993) .....	38
Figura 6: Esquema ilustrativo do fluxo luminoso e intensidade luminosa, respectivamente. ....	39
Figura 7: Esquema ilustrativo da Iluminância. Fonte: <a href="http://www.ufrgs.br/labcon/Aula20_GrandezasFotometricas.pdf">http://www.ufrgs.br/labcon/Aula20_GrandezasFotometricas.pdf</a> .....	39
Figura 8: Esquema ilustrativo da Luminância. Fonte: <a href="http://www.ufrgs.br/labcon/Aula20_GrandezasFotometricas.pdf">http://www.ufrgs.br/labcon/Aula20_GrandezasFotometricas.pdf</a> .....	40
Figura 9: Componentes da iluminação natural: do céu (CC), refletida externa (CRE) e refletida interna (CRI), respectivamente. Fonte: Pereira (2009). ....	41
Figura 10: Entorno analisado por Pereira, visualizado a partir de uma abertura lateral. Fonte: Pereira (2009). ....	42
Figura 11: Imagem do entorno tirada com a máquina ICQ. Fonte: Pereira (2009). ....	43
Figura 12: Tipos de elementos de proteção solar: (a) brises horizontais; (b) brises verticais; (c) cobogó. ....	45
Figura 13: Exemplos de protetores solar dinâmicos, manuais ou mecânicos. ....	45
Figura 14: Alguns tipos de folha. Fonte: Alterada de Vidal e Vidal (2006). ....	50
Figura 15: Tipos de copa das árvores. Fonte: Guia de arborização urbana (2002). ....	51
Figura 16: Diferentes densidades das paisagens vegetais. Fonte: PEIXOTO et alii (apud OLIVEIRA, 2011). ....	52
Figura 17: Esquema das possíveis trajetórias da radiação solar na paisagem. ....	55
<b>Figura 18:</b> Localização geográfica da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis. Fonte: <a href="http://www.googlemaps.com">www.googlemaps.com</a> .....	62
<b>Figura 19:</b> Esquema explicando as etapas da metodologia e os objetivos a serem alcançados. ....	62
Figura 20: Planta de localização da ARQ-UFSC, com a indicação da área externa estudada e as direções frontais das fotos utilizadas na análise. ....	64
Figura 21: Planta de localização do ambiente estudado (em vermelho). ....	65
Figura 22: Localização do Modelo de estudo no terreno da ARQ-UFSC.....	65
Figura 23: Luxímetros digitais MLM-1333, LI-250 e MLM-1332, respectivamente. ....	66
Figura 24: Imagens do luminômetro modelo Minolta LS-110. ....	67
Figura 25: Relógio de Sol para a localização geográfica de Florianópolis. ....	68

Figura 26: Máquinas fotográficas Nikon Coolpix 4500 e Sony Cyber-shot, respectivamente. ....	69
Figura 27: Vista da posição do observador durante as medições, com campo visual. ....	70
Figura 28: Fotografias, com lente 180°, das paisagens externas. IMAGEM 1 e IMAGEM 2, respectivamente. ....	71
Figura 29: IMAGEM 2 com exemplo de demarcação das áreas. ....	71
Figura 30: Demarcação das áreas relativas das superfícies, IMAGEM 1 e IMAGEM 2, respectivamente. ....	72
Figura 31: Pontos medidos nas Imagem 1 e Imagem 2, respectivamente. ....	73
Figura 32: Esquema demonstrando o fluxo luminoso do entorno na direção do ponto de análise. ....	74
Figura 33: Imagem panorâmica para demonstrar a condição do céu durante as medições. ....	74
Figura 34: Planta do LabCon-UFSC destacando a sala e janela analisadas, em vermelho. ....	75
Figura 35: Fotos da sala do Labcon-UFSC onde foi realizado o estudo. ....	76
Figura 36: Planta baixa da sala estudada com indicação da localização do ponto de análise do estudo. ....	77
Figura 37: Foto com ângulo de 180°, tirada a partir do ponto de análise, visualizando o entorno estudado. ....	78
Figura 38: Foto mostrando a parcela da janela onde foi realizado o estudo. ....	79
Figura 39: Parcela da janela com setorização das áreas relativas. ....	80
Figura 40: Foto da janela voltada para Sudeste, apresentando os pontos medidos em cada área relativa determinada. ....	80
Figura 41: Corte esquemático da sala com a janela voltada para Sudeste, demonstrando a posição das medições de luminância e iluminância no ponto de análise. ....	81
Figura 42: Ambiente confeccionado em escala reduzida (s/escala). ....	83
Figura 43: Imagem LabCon-UFSC com demarcação, em vermelho, da área que inspirou o modelo físico. ....	83
Figura 44: Imagem do interior do modelo físico. ....	84
Figura 45: Imagem da fachada sul com a abertura para a máquina fotográfica com a lente 180°. ....	85
Figura 46: Modelo base de fachada, sem nenhum protetor solar. ....	86
Figura 47: Modelo de fachada com obstrução bloqueadora na cor preta. ....	86
Figura 48: Corte longitudinal AA- Esquema das dimensões dos protetores (sem escala ). ....	87
Figura 49: Modelo de fachada com obstrução bloqueadora vegetal. ....	87
Figura 50: Espécies vegetais artificiais, utilizadas no modelo com obstrução bloqueadora vegetal. ....	88
Figura 51: Esquema demonstrando posição dos luxímetros e os pontos de medição das iluminâncias no interior do ambiente (s/escala). ....	89
Figura 52: Entorno da localização do modelo confeccionado durante as medições de iluminância interna. ....	89

Figura 53: Croqui esquemático demonstrando a posição da maquete e fotos das barreiras analisadas. ....	90
Figura 54: Imagens dos planos visuais com as marcações das áreas relativas e a indicação dos raios, referentes a primeira e segunda etapa, respectivamente. ....	92
Figura 55: Representação do cálculo do ângulo sólido em relação a uma abertura. ....	92
Figura 56: Plano vertical visualizado a partir do ponto de análise. ....	95
Figura 57: Esquema de alguns elementos da sala que também influenciam na iluminância do ponto de análise. ....	95
Figura 58: Localização da maquete e seu entorno e tipo de céu existente durante as medições. ....	96
Figura 59: Esquema da maquete com os pontos para medição da iluminância. ....	97
Figura 60: Imagem mostrando o posicionamento do luxímetro para a medição da iluminância externa. ....	97
Figura 61: Pontos medidos nos planos de análise da Imagem 1 e da Imagem 2, respectivamente. ....	102
Figura 62: Imagem do céu durante a primeira medição. ....	103
Figura 63: Imagem do céu no durante a segunda medição. ....	104
Figura 64: Imagem do céu no durante a terceira medição. ....	106
Figura 65: Imagem da janela estudada com o entorno seccionado. ....	115
Figura 66: Croqui da sala do LabCon com a parcela da janela cujo entorno visualizado foi estudado, em destaque. ....	120
Figura 67: Foto tirada sobre a maquete, mostrando o tipo de céu existente durante a medição do dia 31/07. ....	127
Figura 68: Insolação no interior da maquete com fachada modelo base, dia 31/07. ....	129
Figura 69: Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora na cor preta, dia 31/07. ....	129
Figura 70: Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora vegetal, dia 31/07. ....	130
Figura 71: Foto tirada sobre a maquete, mostrando o tipo de céu existente durante a medição do dia 02/08. ....	132
Figura 72: Insolação no interior da maquete com fachada modelo base, dia 02/08. ....	133
Figura 73: Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora na cor preta, dia 02/08. ....	134
Figura 74: Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora vegetal, dia 02/08. ....	134
Figura 75: Foto tirada sobre a maquete, mostrando o tipo de céu existente durante a medição do dia 03/08. ....	136
Figura 76: Insolação no interior da maquete com fachada modelo base, dia 03/08. ....	137
Figura 77: Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora na cor preta, dia 03/08. ....	138

Figura 78: Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora vegetal, dia 03/08.....	138
Figura 79: Foto tirada sobre a maquete, mostrando o tipo de céu existente durante a medição do dia 14/08.....	140
Figura 80: Insolação no interior da maquete com fachada modelo base, dia 14/08.....	141
Figura 81: Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora na cor preta, dia 14/08.....	142
Figura 82: Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora vegetal, dia 14/08.....	142
Figura 83: Foto tirada sobre a maquete, mostrando o tipo de céu existente durante a medição do dia 15/08.....	144
Figura 84: Insolação no interior da maquete com fachada modelo base, dia 15/08.....	145
Figura 85: Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora na cor preta, dia 15/08.....	146
Figura 86: Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora vegetal, dia 15/08.....	146

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Percentuais de bloqueio e passagem de luz nas copas (VASCONCELLOS, 2012).	57
Tabela 2: Modelo de tabela para o registro e média das medições de iluminância no ponto dentro da sala.	82
Tabela 3: Modelo da tabela de aplicação dos cálculos.	94
Tabela 4: Modelo de análise dos elementos que influenciam na iluminância do ponto.	96
Tabela 5: Modelo de tabela para análise das iluminâncias nos pontos, com a fachada voltada para Norte.	98
Tabela 6: Modelo de tabela para análise das iluminâncias nos pontos, com a fachada com modelo base no sentido transversal à direção do Sol.	98
Tabela 7: Medição do dia 28 de Maio às 12:15h.	103
Tabela 8: Medição do dia 29 de Maio às 09:15h.	104
Tabela 9: Medição do dia 30 de Maio às 16:10h.	105
Tabela 10: Medições de iluminância realizadas no ponto de análise durante a primeira medição.	116
Tabela 11: Iluminâncias medida e calculada e influência na iluminação, primeira medição.	117
Tabela 12: Medições de iluminância realizadas no ponto de análise durante a segunda medição.	117
Tabela 13: Iluminâncias medida e calculada e influência na iluminação, segunda medição.	118
Tabela 14: Medições de iluminância realizadas no ponto de análise durante a terceira medição.	118
Tabela 15: Iluminâncias medida e calculada e influência na iluminação, terceira medição.	119
Tabela 16: Medições de iluminância realizadas no ponto de análise durante a quarta medição.	119
Tabela 17: Iluminâncias medida e calculada e influência na iluminação, quarta medição.	120
Tabela 18: Iluminâncias e percentual de influência, dados levantados dia 04/07/2012.	122
Tabela 19: Iluminâncias e percentual de influência, dados levantados dia 10/08/2012.	122
Tabela 20: Iluminâncias e percentual de influência, dados levantados dia 24/09/2012.	123
Tabela 21: Iluminâncias e percentual de influência, dados levantados dia 02/10/2012.	123
Tabela 22: Medição do dia 31/07, com a fachada voltada para Norte.	127
Tabela 23: Medição com barreira lateral, dia 31/07.	130
Tabela 24: Medição do dia 02/08, com a fachada voltada para Norte.	132
Tabela 25: Medição com barreira lateral, dia 02/08.	135
Tabela 26: Medição do dia 03/08, com a fachada voltada para Norte.	136

Tabela 27: Medição com barreira lateral, dia 03/08. ....	139
Tabela 28: Medição do dia 14/08, com a fachada voltada para Norte. ....	140
Tabela 29: Medição com barreira lateral, dia 14/08. ....	143
Tabela 30: Medição do dia 15/08, com a fachada voltada para Norte. ....	144
Tabela 31: Medição com barreira lateral, dia 15/08. ....	147

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	25
1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO .....	29
1.2 OBJETIVOS.....	30
1.2.1 Objetivo geral .....	30
1.2.2 Objetivos específicos.....	30
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	30
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	33
2.1 INTRODUÇÃO.....	33
2.2 LUZ NATURAL .....	34
2.3 FONTES DE LUZ NATURAL .....	36
2.3.1 Luz do Sol.....	36
2.3.2 Luz da Abóbada Celeste .....	36
2.4 FORMAS DE PROPAGAÇÃO DA LUZ NATURAL .....	37
2.4.1 Reflexão.....	37
2.4.2 Transmissão .....	37
2.5 GRANDEZAS FOTOMÉTRICAS .....	38
2.5.1 Fluxo luminoso e intensidade luminosa.....	38
2.5.2 Iluminância .....	39
2.5.3 Luminância .....	39
2.6 PERCEPÇÃO DO HOMEM .....	40
2.7 OFUSCAMENTO .....	40
2.8 ILUMINAÇÃO NATURAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO .....	41
2.9 ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR .....	44
2.10 CONFORTO AMBIENTAL .....	46
2.11 CONSCIÊNCIA AMBIENTAL .....	47
2.12 VEGETAÇÃO.....	48
2.12.1 Tipos de uso da vegetação .....	49
2.12.2 Característica das copas e folhas da vegetação arbórea .....	49
2.13 VEGETAÇÃO NA PAISAGEM.....	52
2.14 A VEGETAÇÃO E O CONFORTO AMBIENTAL .....	54
2.15 A VEGETAÇÃO E O CONFORTO VISUAL.....	56
2.16 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	58
3. METODOLOGIA.....	61
3.1 INTRODUÇÃO.....	61
3.2 DEFINIÇÃO DOS LOCAIS DE ESTUDO.....	63
3.2.1 Critérios de seleção.....	63
3.2.2 Localização e descrição dos locais.....	64
3.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	66
3.4 PRIMEIRA ETAPA - ESTIMATIVA DE CONTRIBUIÇÃO DE UMA PAISAGEM EM UM PONTO NO AMBIENTE EXTERNO.....	69
3.5 SEGUNDA ETAPA - INFLUÊNCIA DO ENTORNO NA ILUMINÂNCIA DE UM PONTO EM UM AMBIENTE INTERNO .....	75
3.5.1 Descrevendo o processo de medição .....	78

3.6 TERCEIRA ETAPA - INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO COMO COMPONENTE DA ARQUITETURA DO EDIFÍCIO, PARA A ILUMINAÇÃO DO ESPAÇO INTERNO .....	82
3.6.1 O ambiente de estudo .....	82
3.6.2 As tipologias de fachada .....	85
3.6.3 O processo de medição .....	88
3.7 TRATAMENTO DOS DADOS .....	91
3.7.1 Cálculo da contribuição do entorno na iluminância do ponto de análise ..	91
3.7.2 Estimativa de contribuição de uma paisagem em um ponto no ambiente externo .....	94
3.7.3 Análise da contribuição do entorno na iluminância do ponto no ambiente interno.....	95
3.7.4 Influência da vegetação como componente da arquitetura do edifício, para a iluminação do espaço interno.....	96
3.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA .....	99
4. RESULTADOS .....	101
4.1 ESTIMATIVA DE CONTRIBUIÇÃO DE UMA PAISAGEM EM UM PONTO NO AMBIENTE EXTERNO .....	101
4.1.1 Resultados das medições .....	102
4.1.2 Análise dos resultados .....	113
4.2 INFLUÊNCIA DO ENTORNO NA ILUMINÂNCIA DE UM PONTO EM UM AMBIENTE INTERNO.....	114
4.2.1 Resultado das medições.....	116
4.2.2 Análise dos resultados .....	124
4.3 INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO COMO COMPONENTE DA ARQUITETURA DO EDIFÍCIO, PARA A ILUMINAÇÃO DO ESPAÇO INTERNO .....	125
4.3.1 Resultados das medições .....	125
4.3.2 Análise dos resultados .....	147
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	151
5.1 CONCLUSÕES .....	151
5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	154
5.2.1 Limitações .....	155
5.2.2 Sugestões .....	156
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	157
□ Bibliografias Referenciadas.....	157
□ Bibliografias Consultadas.....	165
APÊNDICE A – Tabelas da primeira etapa.....	170
APÊNDICE B – Tabelas da segunda etapa .....	176

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização adequada da luz natural pode trazer grandes benefícios e satisfação para um ambiente e seus usuários, como por exemplo: melhora na produtividade humana, auxílio na orientação espacial e temporal, estimulante fisiológico dos sistemas visual e circadiano, diminuição do estresse, entre outros (ROBBINS, 1986; PEREIRA, 1995; BOYCE *et alii*, 2003). Para isso, é necessário dosar a incidência dessa luz de acordo com a função exercida em um determinado ambiente, para alcançar o conforto visual. E ao utilizar esse tipo de iluminação, a quantidade de luz artificial pode ser reduzida, auxiliando assim, a diminuição do consumo energético da edificação (BOGO e PEREIRA, 1998).

Com o surgimento do Movimento Moderno na Arquitetura no início do século XX, que tinha como uma de suas características de projeto o uso de panos de vidro contínuos (janela em fita) no lugar das janelas tradicionais, que grande parte das “novas” construções passou a apresentar fachadas com elevadas proporções de vidro.

Sendo assim, é correto dizer que a presença da luz natural se faz intensa nesses edifícios, mas não necessariamente que faça parte de um projeto de iluminação adequado aos seus interiores, podendo acarretar um desconforto visual, devido à incidência de luz não controlada, além de desconforto térmico pelo excesso de radiação solar direta.

De acordo com Hopkinson *et alii* (1975), conforto visual é o prazer e a satisfação visual proporcionados por um ambiente, conduzindo a uma sensação de bem estar, além das necessidades essenciais de segurança e eficiência.

Pietrobon (1999) salienta que alguns pontos são fundamentais quando relacionamos o homem com a luz presente em um ambiente construído, como por exemplo:

- a visão e o campo visual existente;
- a tarefa visual a ser desempenhada;
- os níveis de iluminação presentes no ambiente;
- os desconfortos visuais existentes.

Sabe-se que a luz natural deve ser aproveitada de forma planejada e controlada, para a garantia de conforto visual, assim como adequado conforto térmico. Para o uso consciente dessa luz, é preciso levar-se em consideração os seguintes fatores: orientação solar do edifício, intensidade da abóbada celeste da região, grau de ofuscamento existente

no ambiente, aberturas existentes na fachada e sua necessidade de elementos de sombreamento ou reflexão dessa luz, assim como o entorno existente.

A inexistência do conhecimento prévio dessas particularidades pode comprometer a qualidade do projeto de iluminação. Por vezes, a luz natural pode ocorrer de maneira indevida, quando incidida lateralmente, tornando-a o principal motivo da falta do conforto visual e térmico de um ambiente.

No Brasil, assim como nos demais países de clima tropical e equatorial, ao idealizar um edifício com grande grau de aproveitamento da luz natural em seu projeto de iluminação, deve-se atentar a um problema ainda maior que é o aquecimento do ambiente, consequência da incidência direta dos raios solares. Para contornar esse aumento térmico indesejado, faz-se necessário um maior condicionamento do ambiente, por consequência um maior consumo de energia.

Devido ao seu comprovado desempenho como elemento influenciador de um microclima (McPHERSON *et alii*, 1988), pode-se dizer que a barreira vegetal é uma opção ecológica para evitar que os raios ultravioleta e infravermelho penetrem facilmente no interior de uma edificação, podendo assim ser usada como alternativa para evitar o inconveniente causado pelo aumento de calor.

Outro fator importante que também é considerado para a aplicação da vegetação na envoltória das edificações é o ambiental, que visa a ampliar as áreas verdes das cidades, melhorando a qualidade de vida urbana. É o caso da estrutura projetada para cobrir uma das fachadas do edifício residencial localizado em Barcelona, projetado pelo arquiteto Juli Capella. Ele criou uma parede verde junto a uma fachada cega, isto é, que não possuía aberturas, para proteger o edifício dos raios solares e para ampliar a área verde da cidade, auxiliando no ecossistema ali presente, Figura 1.



**Figura 1:** Imagem da estrutura da fachada do edifício residencial em Barcelona. (Imagem retirada do site <http://popupcity.net/2012/08/vegetecture-a-supersized-green-wall-in-barcelona/>)

Todavia, apesar da comprovada qualidade da vegetação quando inserida ao meio urbano em que vivemos, ao utilizar-se dela visando ao conforto é necessário especificar a espécie a ser utilizada e sua função apropriada para o projeto. Como esclarece Vasconcellos (2011) no seguinte trecho: “A especificação da vegetação visando ao conforto térmico do ambiente deve ter bem clara a sua função no controle ambiental dos espaços construídos internos e externos”.

Devido às diferenças morfológicas das diversas espécies vegetais existentes, a quantidade de radiação solar absorvida por cada espécime é distinta, visto que a estrutura física de cada espécie irá determinar a sua capacidade como elemento bloqueador dos raios solares.

Ao redor do mundo muitos arquitetos vêm utilizando a vegetação como elemento de controle solar incorporado às fachadas das edificações, isolando assim determinado ambiente ou área desejados (HOYANO, 1988). Contudo, a vegetação não é utilizada somente como um elemento que serve para isolar um ambiente ou área, mas também para integrar uma edificação ao contexto urbano ou a paisagem.

Essa afirmativa pode ser comprovada através do projeto da “Torre Huerta”, um edifício residencial projetado pelo escritório MVRDV para a cidade de Valência, na Espanha. O edifício foi construído entre os anos de 2005 e 2007, e teve como objetivo a intenção de criar um bairro mais ecológico e humano, onde cada apartamento possuísse uma grande área verde externa, que além de integrar o edifício ao verde do bairro, permitia ao mesmo tempo um controle solar e térmico de uma maneira natural, Figura 2.

Deve-se ressaltar também que o controle solar encontra-se ligado à incidência dos raios solares que, ao alcançarem uma superfície, geram uma troca de calor com a mesma. O uso da vegetação permite uma redução na troca de calor entre o exterior e o interior, proporcionando assim um maior conforto térmico ao ambiente (COMMISSION EUROPÉENNE, 1999) e indiretamente uma economia do consumo de energia.



**Figura 2:** Ed. Torre Huerta (Imagens retiradas do site: <http://www.mvrdv.nl/#/projects/285torrehuerta>).

O uso da vegetação como elemento de controle encontra-se relacionado também com o comprovado benefício termo-acústico que uma massa vegetal pode trazer, visto que, dependendo da espécie, ela é capaz de proporcionar uma redução do nível de ruído e uma redução térmica, que pode ser superior a 5°C (MASCARÓ *et alii*, 2008).

Pietrobon (1999) afirma que:

Desde a década de 70, tem-se procurado quantificar os efeitos da vegetação no ambiente construído, especialmente sob os aspectos térmicos e de conservação de energia tanto na escala urbana quanto na das edificações climatizadas artificialmente (PIETROBON, 1999, p.2).

No entanto, para as construções, o aproveitamento da vegetação como contribuinte lumínica é inexistente. Sendo assim, a capacidade que uma massa vegetal possui de filtrar os raios solares e refletir a luz que chega nela é praticamente ignorada, resultando no baixo conhecimento sobre os benefícios que uma vegetação pode trazer para um projeto de iluminação, seja através do entorno ou como elemento arquitetônico do edifício.

## 1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

O uso da vegetação na perspectiva do conforto ambiental tem, atualmente, como foco principal, amenizar a incidência de calor no interior de um edifício. No entanto, filtrando-a de forma que ela penetre no ambiente de maneira planejada, ela terá intensidade satisfatória para que a luminância e a iluminância do ambiente sejam adequadas à função ali exercida.

Porém, deve-se levar em consideração que *“o impacto dos controles da iluminação natural mais importante na arquitetura é a organização dos pontos de luz em zonas estabelecidas pelas atividades internas e pelos padrões de distribuição da luz natural”* (BROWN e DEKAY, 2004). Apesar da eficiência e dos benefícios que o uso da luz natural pode trazer a um ambiente e seus usuários, incorporá-la ao projeto de iluminação é uma tarefa complexa.

Para satisfazer as necessidades de um determinado local, proporcionando bem-estar, deve-se tomar cuidado com a radiação solar direta, a refletância do seu entorno imediato e o grau de luminância da abóboda celeste. Esses eventos, se não tratados corretamente, podem provocar ofuscamento e excesso de potência luminosa, resultando em um ambiente de trabalho visualmente desconfortável, chegando a causar complicações fisiológicas e psicológicas aos usuários (CAÑELLAS, 2003).

A fachada planejada permite que o interior da edificação possua uma iluminação distinta, onde o uso da luz artificial fica restrito aos momentos em que a abóboda celeste não propaga a luminosidade necessária (período da noite e dias nublados) e aos espaços que se encontram longe de suas aberturas.

Como Pietrobon (1999) enfatiza:

Já se comprovou que a arborização, através do sombreamento de aberturas e de paramentos opacos verticais externos das edificações, minimiza o rigor térmico (temperatura) a que se expõem os edifícios escolares, porém podem-se estabelecer condições ótimas para o seu uso, a fim de que não se comprometa a iluminação, em ambientes escolares (salas de aula) (PIETROBON, C., 1999, p.12).

Sendo assim, esse trabalho busca produzir dados que comprovem a influência que o uso de uma massa vegetal aplicada à fachada possui

com relação à qualidade lumínica de um ambiente, através de ensaios analíticos e comparativos.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Analisar o comportamento da vegetação como elemento de controle e fonte de luz natural para um ambiente, através de estudos de caso.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar a vegetação dentro de uma paisagem quanto à proporção de sua participação no entorno luminoso.
- Analisar, através de estimativas numéricas, a contribuição das massas de vegetação do entorno para a iluminação de um ponto em um ambiente interno.
- Analisar e caracterizar em um estudo de caso o comportamento da luz natural (transmitida e/ou refletida) por elementos vegetais aplicados sobre fachada, para controle dos raios solares diretos.

Em função da grande dificuldade de se trabalhar com medições na vegetação natural, esse trabalho se caracteriza como uma aproximação experimental do estudo da vegetação como fonte de luz, não pretendendo-se obter valores precisos.

## 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse trabalho é dividido em cinco capítulos. No **primeiro capítulo** encontra-se a introdução, onde são explicadas a justificativa do estudo proposto e os objetivos a serem alcançados por essa pesquisa. No **segundo capítulo** encontra-se a revisão bibliográfica dos conceitos relevantes para o desenvolvimento da pesquisa na área de iluminação, salientando a carência de informações sobre o tema estudado dentro do meio acadêmico. O **terceiro capítulo** descreve a metodologia adotada para a realização da análise do tema proposto, tendo como meta alcançar os objetivos. O **quarto capítulo** corresponde ao estudo realizado,

através de medições de luminância e iluminância realizados em um ambiente real e em uma maquete física, e seus resultados. No **quinto capítulo** são apresentadas as conclusões obtidas através da análise dos resultados, apresentadas as considerações sobre a relevância desse estudo, as limitações do trabalho e sugestões para trabalhos futuros. E anexos, que correspondem, respectivamente, às referências bibliográficas e às informações complementares resultante das medições colocadas em forma de apêndice.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo aborda inicialmente algumas noções acerca da luz natural, explicando quais são as suas fontes, as grandezas fotométricas, as formas de propagação (reflexão e transmissão), a percepção do homem, o ofuscamento, a iluminação natural no ambiente construído e elementos de proteção solar. Posteriormente, serão abordados aspectos voltados à vegetação na paisagem, sua identificação, importância e ligação com o conforto ambiental.

Ele visa fornecer um conhecimento básico sobre os aspectos considerados relevantes para a realização dessa pesquisa, fazendo uma ligação entre a importância da inserção da vegetação no ambiente construído, levando-se em conta o atual momento em que a sociedade se encontra.

### 2.1 INTRODUÇÃO

Temos necessidade de expandir e produzir conhecimentos ecológicos, justamente porque os recursos consumidos em excesso e indevidamente são limitados, tornam-se escassos e do modo como são utilizados causam prejuízos aos ecossistemas e colocam em risco a sobrevivência humana (MICHAEL, 2001, p.47).

Com o surgimento do termo “sustentabilidade” e a necessidade de diminuir o impacto ambiental relacionado à exploração dos recursos naturais de maneira prejudicial ao ecossistema mundial, foram introduzidas novas diretrizes nos projetos arquitetônicos (TEIXEIRA, 2007).

Surgem, então, os chamados “Edifícios de Alto Desempenho”, que possuem um impacto ambiental inferior, proporcionando um maior conforto ao usuário, fazendo uso de menores quantidades de recursos naturais (SANTOS, 2007). Essas novas edificações passam a atentar mais para o seu entorno, e através do uso de tecnologias avançadas, começam a explorar os recursos naturais de forma passiva.

Segundo Carvalho (2009),

A melhoria do desempenho das edificações com a utilização de técnicas passivas e com baixo consumo de energia torna-se imprescindível e

urgente. Dessa forma, os esforços dos profissionais da área, incluindo os educadores, devem se concentrar em resgatar esses conceitos que por muitos anos ficaram esquecidos (p, 16).

A criação de novos materiais e tecnologias construtivas, juntamente com o pensamento ecológico atual, permitirão a criação e construção de projetos sustentáveis. John *et alii* (2001) sugerem que isso decorrerá da transformação nos padrões de consumo e processo de produção, isto é, na mudança de se projetar do arquiteto e de agir do usuário.

Essa nova maneira de se projetar, entre outros segmentos e focos ambientais, demonstra que através de um projeto de iluminação que seja compatível com a arquitetura da construção, ao integrar o uso da iluminação natural pode-se reduzir consideravelmente o consumo energético e melhorar o conforto visual no ambiente, como afirmam Ho *et alii* (2008). Porém, integrá-la ao projeto de iluminação de um edifício é uma tarefa complexa (CARVALHO e SPOSTO, 2012), pois para ser realmente eficiente ele deve contemplar os níveis de iluminância estipulados por norma técnica, de acordo com o tipo de atividade que ocorrerá naquele espaço, além de possuir um controle de ofuscamento e refletância.

## 2.2 LUZ NATURAL

A luz natural é a principal fonte de luz do planeta, ela é de extrema importância na saúde e bem estar, físico e emocional, do homem, propiciando uma melhora no desempenho e produtividade humana (TZEMPELIKOS e ATHIENITIS, 2007; DUTRA *et alii*, 2005; BOYCE *et alii*, 2003). A ela também são atribuídas contribuições para a orientação do tempo e espaço, devido as constantes mudanças na intensidade dessa luz, propiciando assim uma melhor percepção visual dos espaços e objetos (PEREIRA, 1995).

A luz natural é qualitativamente superior à luz artificial. Sua variabilidade, por exemplo, permite ao homem a percepção espaço-temporal do lugar que se encontra. O jogo de intensidade diferenciado de luz, sombra e de reprodução das cores constitui informações espaço-temporais que a luz natural fornece ao homem, fundamentais ao

funcionamento do seu relógio biológico (DUTRA *et alii*, 2005, p.49).

O que reafirma a ideia de Santos (2009) ao alegar que as pessoas gostam de ter a luz natural presente em sua vida tanto no lazer quanto no trabalho, pois elas se sentem melhor quando existe um grau de variação na iluminância. Essa sensação humana pode ser explicada devido ao fato de que o olho humano alcança sua maior capacidade visual com a luz natural (MAJOROS, 1998).

O uso da luz natural dentro do projeto de arquitetura não é uma técnica recente, possuindo uma função importante quando há necessidade de trazer a luz do dia para dentro de suas construções, ou até mesmo para criar uma ênfase em um determinado elemento ou detalhe construtivo, como é o caso da Igreja da Luz, do arquiteto Tadao Ando, onde foi utilizada a luz natural para dar um destaque simbólico ao altar com um rasgo em formato de cruz na estrutura (Figura 3).



**Figura 3:** Altar da Igreja da Luz, do arquiteto Tadao Ando, localizada em Osaka/Japão.

Sabe-se que, além dos benefícios físicos e psicológicos atribuídos à iluminação natural (BOYCE,1998), ao utiliza-la em um projeto arquitetônico é possível criar um ambiente visualmente agradável, através da possibilidade de um contato, do usuário, com o exterior. Mas Robbins (1986) ressalta também que a conservação de energia é um dos benefícios do uso da luz natural dentro de um projeto lumínico, isto

devido à redução na demanda de produção de energia, proveniente do baixo impacto que essas edificações causarão ao ambiente natural e também a diminuição do consumo de energia que essa técnica pode proporcionar.

Contudo, para que esses benefícios sejam alcançados, é importante que as estratégias de projeto estejam em consonância com a intensidade e direção da luz natural do local do projeto (latitude, longitude e tipo de céu mais frequente na região), tratando-a da maneira necessária para evitar os efeitos de ofuscamento e excesso de luminância. Pois para a criação de um ambiente confortável, é necessário conhecer as vantagens e desvantagens que a luz natural pode trazer, e Amorim (2002) afirma que a maior desvantagem é a sua imprevisibilidade.

## **2.3 FONTES DE LUZ NATURAL**

Deroisy e Deneyer (2011) explicam que a luz natural que penetra em um ambiente é constituída de uma componente de luz direta, luz proveniente do Sol e da abóbada celeste, e uma componente de luz indireta, que resulta da reflexão ou transmissão dos raios luminosos sobre as superfícies do entorno. Nesse estudo chamaremos as componentes indiretas de fontes de luz secundárias.

### **2.3.1 Luz do Sol**

O Sol é uma fonte de luz e calor, essencial para a vida. Ele é a principal fonte de luz natural, sendo ela de maneira direta e pontual. Contudo, devido ao alto conteúdo energético dos raios solares, a incidência excessiva deles pode ser prejudicial, tanto para a vida humana quanto para o ambiente construído, podendo causar um desconforto ambiental (térmico e lumínico) ou alterações na integridade física dos materiais.

### **2.3.2 Luz da Abóbada Celeste**

A luz da abóbada celeste é uma luz difusa e mais constante que a luz do Sol, ela é gerada pela reflexão e refração da luz solar ao penetrar na atmosfera terrestre. Seu grau de iluminância vai variar de acordo com o tipo de céu existente.

Segundo a *Commission Internationale de L'Eclairage* (CIE, 2004), são quinze os tipos de céu padrão existentes, e cada região pode possuir um tipo de céu mais constante durante o ano. Sendo assim, como ressalta Nissola (2005), as características da abóbada celeste encontram-se diretamente ligada com as condições atmosféricas, a latitude do local, a parte visível da abóbada, o período do ano e do dia.

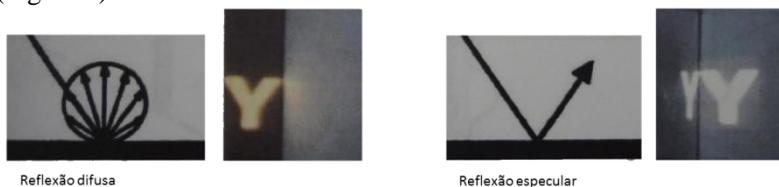
## 2.4 FORMAS DE PROPAGAÇÃO DA LUZ NATURAL

Diversos são os mecanismos que permitem a propagação da luz, porém este estudo vai conceituar os dois dos mecanismos considerados os mais importantes para esta pesquisa, que são a reflexão e a transmissão.

É importante ressaltar que as características dos materiais influem na forma de propagação da luz. Isto ocorre devido ao fato da luz se propagar através desses materiais, e o seu direcionamento poderá ocorrer de maneira especular ou difusa.

### 2.4.1 Reflexão

A reflexão da luz pode ocorrer em superfícies translúcidas ou opacas, e são denominadas como refletância. Ela ocorre, pois o fluxo luminoso é refletido pelo material onde ele incide, sendo redirecionada para o mesmo meio, e pode ocorrer de maneira difusa ou especular (Figura 4).

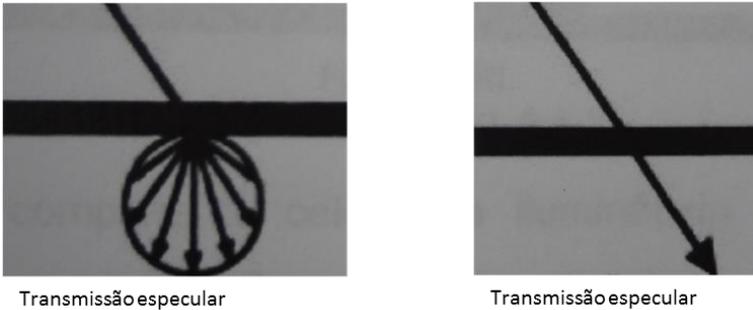


**Figura 4:** Esquema ilustrativo da Reflexão. Fonte: Baker (1993)

### 2.4.2 Transmissão

A transmissão da luz só ocorre através de superfícies não opacas, e são denominadas como transmitância. A luz que incide no material não opaco irá transpassar essa superfície, ela poderá sofrer redirecionamento ou modificação da sua intensidade de acordo com as

propriedades do material. Sua transmissão também pode ser de forma difusa ou especular (Figura 5).



**Figura 5:** Esquema ilustrativo da Transmissão. Fonte: Baker (1993)

## 2.5 GRANDEZAS FOTOMÉTRICAS

As grandezas fotométricas estão relacionadas com a intensidade, o brilho e a cor do foco de luz. Elas verificam as condições de iluminação de um ambiente (interno ou externo), sendo ele iluminado através da luz natural, da luz artificial ou com ambas.

### 2.5.1 Fluxo luminoso e intensidade luminosa

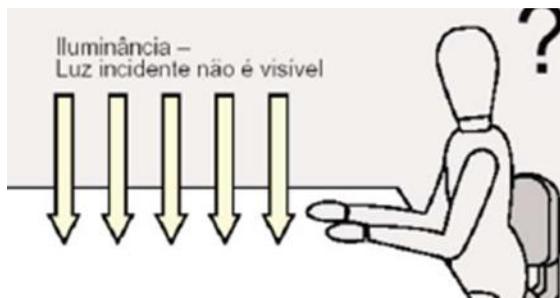
O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte em qualquer direção. Ele é representado pelo símbolo  $\phi$  e sua unidade de medida, de acordo com o Sistema Internacional (SI), é o lúmen (lm). Já a intensidade luminosa é o fluxo luminoso emitido por uma fonte em uma determinada direção dentro de um esterradiano ( $\omega$ ), sua unidade de medida é a candela (cd). A Figura 6 apresenta a representação gráfica dessas grandezas.



**Figura 6:** Esquema ilustrativo do fluxo luminoso e intensidade luminosa, respectivamente.

### 2.5.2 Iluminância

A iluminância é a quantidade de luz existente em um ambiente, e corresponde à concentração do fluxo luminoso incidente sobre uma superfície (MOORE, 1991). Ela é representada por  $E$ , e sua unidade de medida é lúmens/m<sup>2</sup> ou lux. Para se medir a iluminância de um plano (vertical, horizontal ou inclinado), utiliza-se um luxímetro.



**Figura 7:** Esquema ilustrativo da Iluminância. Fonte: [http://www.ufrgs.br/labcon/Aula20\\_GrandezasFotometricas.pdf](http://www.ufrgs.br/labcon/Aula20_GrandezasFotometricas.pdf)

### 2.5.3 Luminância

A luminância é a medida fotométrica do brilho de uma superfície opaca. Ele é representado por  $L$ , sua unidade de medida é candela por unidade de área (cd/m<sup>2</sup>), e o aparelho utilizado para a realização das medições é o luminâncímetro. Quanto menor for o ângulo de abertura do luminâncímetro, maior será a precisão de sua leitura.



**Figura 8:** Esquema ilustrativo da Luminância. Fonte: [http://www.ufrgs.br/labcon/Aula20\\_GrandezasFotometricas.pdf](http://www.ufrgs.br/labcon/Aula20_GrandezasFotometricas.pdf)

## 2.6 PERCEÇÃO DO HOMEM

O sistema perceptivo óptico é complexo, isto porque ele utiliza os olhos para enxergar, mas a amplitude do seu campo visual está relacionada com a mobilidade do corpo humano. É através dele que uma grande parte das informações do mundo físico chega ao nosso conhecimento.

O sistema visual humano permite a adaptação do usuário às diferentes condições de iluminação, sem que haja interferência em sua percepção. Isto ocorre devido ao sistema visual perceber a luz de forma relativa, e não como um sensor fotométrico.

A percepção visual se dá através de um processo orgânico que se inicia na retina com a captação da informação, que se espalha através do córtex visual, que mapeia as imagens recebidas do mundo externo, e em seguida são transportadas até o cérebro (MOORE,1991). Boyce (1998) ressalta que com o aumento da idade cronológica do homem, existe uma diminuição dessa capacidade de percepção visual.

## 2.7 OFUSCAMENTO

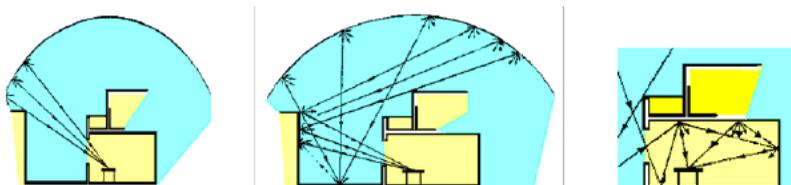
O ofuscamento é uma sensação visual gerada devido a grandes contrastes de brilho existente em um ambiente. Ele provoca um desconforto visual que pode chegar a causar sensações como: ardência nos olhos, diminuição da acuidade visual, visão dupla e cefaleia (NISSOLA, 2005).

Dois dos principais motivos para a sensação de desconforto causada pelo por esse fenômeno encontram-se associadas às luminâncias da fonte de luz e do plano de fundo (IESNA,1990). Pereira (2001) informa que o ofuscamento pode ser causado através do contraste, quando dentro de um campo visual existem objetos e superfícies com uma grande variação de luminâncias entre eles, e pela saturação, quando a iluminância de um ambiente excede  $25.000 \text{ cd/m}^2$ .

## 2.8 ILUMINAÇÃO NATURAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

A luz natural penetra no ambiente interno através das aberturas existentes no envelope da edificação (zenitais ou laterais). A iluminação natural neste ambiente será o resultado da luz que incidi diretamente, e a luz indireta (proveniente das várias reflexões).

Segundo a NBR 15215-3, existem três caminhos para que a luz natural alcance um determinado ponto em um ambiente interno, são eles: a componente do céu, procedente diretamente da abóbada celeste; a componente refletida externa, resultante das reflexões das superfícies do entorno da edificação; e a componente refletida interna, resultante das reflexões das superfícies do ambiente interno (Figura 9).



**Figura 9:** Componentes da iluminação natural: do céu (CC), refletida externa (CRE) e refletida interna (CRI), respectivamente. Fonte: Pereira (2009).

Belakehal e Aoul (2003) ressaltam que a luz natural é um importante elemento de projeto que voltou a ser estudado tendo como foco a sua incorporação, juntamente com a luz artificial, dentro de um projeto lumínico. E de acordo com Li e Tsang (2008), esse interesse crescente pela incorporação da iluminação natural na arquitetura se deu devido à significativa variação de tempo e espaço que ela proporciona, garantindo elevados níveis de luz e uma condição visual dinâmica.

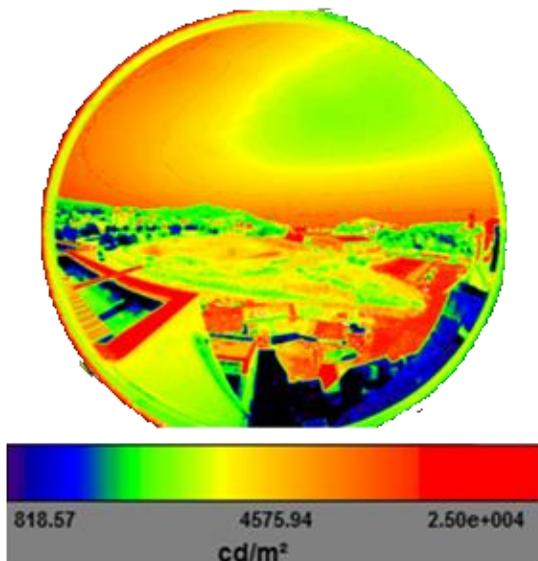
Os estudos que falam sobre as fontes primárias são muitos, porém elas não são as únicas a influenciarem na iluminação natural

(RONDON, 2007). O entorno das construções também deve ser levado em consideração na elaboração de um projeto luminotécnico que integre a luz natural, pois, através das reflexões da luz do céu e do Sol nas superfícies externas, ele também contribui com os níveis de luminância e iluminância que serão encontrados no interior do ambiente (PEREIRA et alii, 2008; ALBUQUERQUE, 2010). Sendo assim, o entorno de uma edificação deve ser considerado como uma fonte secundária de luz.

Como constata Pereira (2009), as reflexões existentes no entorno fazem-se presentes no comportamento da iluminação do ambiente interno. Para chegar a essa conclusão, ele fez duas análises em paralelo do mesmo ambiente, sendo uma computacional e a outra em um modelo físico. Para a análise do entorno visualizado através de uma abertura lateral (Figura 10), ele tirou fotos com uma maquina ICQ (Figura 11) e posteriormente introduziu essas fotos no programa computacional APOLUX, verificando a influência do entorno no ambiente estudado por ele. Ele concluiu que *“a reflexão da luz no entorno, visível por boa parte do ambiente interno, quando adequadamente considerada nos procedimentos de simulação, representa uma componente significativa do fenômeno”*(PEREIRA, 2009, p.111).



**Figura 10:** Entorno analisado por Pereira, visualizado a partir de uma abertura lateral. Fonte: Pereira (2009).



**Figura 11:** Imagem do entorno tirada com a máquina ICQ. Fonte: Pereira (2009).

Sendo assim, para se integrar a luz natural a uma edificação fazem-se necessários alguns parâmetros de projeto, que o arquiteto deve conhecer e definir mediante ao conhecimento prévio do terreno, como: seu entorno imediato, verificando as superfícies refletoras nos planos horizontal e vertical, sua orientação e sua geometria, além da função que será dada a edificação. Com base nessas informações, será possível a elaboração de um projeto que adeque planta baixa e envoltória de maneira à incidência de luz natural controlada.

No campo da arquitetura, a relação com a luz natural, além de uma necessidade psicológica e simbólica, encontra-se quase sempre ligada à origem das escolhas de composição, sendo elas conscientes ou inconscientes, que determinam as diferentes soluções formais (RUGGIERO, FLORENSA & DIMUNDO, 2009). Contudo, apesar da luz natural satisfazer as necessidades humanas básicas, para a sua integração adequada ao ambiente construído, muitas vezes faz-se necessário o uso da luz artificial, assim como elementos de controle aplicados ou próximos a fachada.

## 2.9 ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR

Deve-se ressaltar que o princípio do projeto de iluminação natural é maximizar a utilização da luz do dia, evitando problemas com o brilho e minimizando a carga de aquecimento imposta pela radiação solar (WONG e ISTIADJI, 2004).

O sombreamento deve ser considerado como parte integral no projeto de fenestração para edifícios comerciais e de escritórios, a fim de equilibrar as condições da iluminação natural e a necessidade de reduzir os ganhos solares (TZEMPELIKOS e ATHIENITIS, 2007, p. 369).

A presença de luz natural no interior de uma edificação deve ser de maneira controlada, para que ela traga os benefícios característicos ao invés de problemas lumínicos. Para isso existem várias técnicas que permitem ao arquiteto controlar a intensidade da luz natural que penetra em um ambiente, e também técnicas que permitem o direcionamento dessa luz para que sejam alcançados os efeitos desejados.

Devido à necessidade de impedir que os raios solares incidam diretamente no interior de uma edificação, surgiram os elementos de controle da luz natural (KREMER, 2002). Esses elementos permitem que a luz natural seja integrada de maneira adequada ao projeto lumínico de um ambiente, e está ligada com elementos de sombreamento e direcionamento da luz integrados a fachada dessa edificação. Isso significa que, ao direcionar a luz natural para o local desejado em um ambiente interno, pode-se criar uma adequada combinação de refletância das superfícies internas, possibilitando uma melhor distribuição da luz neste ambiente, tornando-o mais uniforme.

Existem vários tipos de elementos de sombreamento e direcionamento da luz natural que poderiam ser integrados à fachada nos ângulos horizontal ou vertical, com relação à mesma, como mostra a Figura 12. Sua utilização dependerá da localização dessa edificação, sua implantação e os efeitos de luz desejados para os ambientes internos.



**Figura 12:** Tipos de elementos de proteção solar: (a) brises horizontais; (b) brises verticais; (c) cobogó.

A utilização de elementos de proteção solar além de, em muitas ocasiões, ser primordial para a implantação de um projeto lumínico de qualidade que uma luz natural com luz artificial, também será um fator importante na redução do consumo de energia dessa edificação. Ho *et alii* (2008) corroboram essa afirmativa ao dizer que o sombreamento solar com um projeto ideal não só melhora a relação de uniformidade de iluminação, mas também torna possível uma redução no custo geral de iluminação, e um estudo realizado por Lee *et alii* (2001) comprovou que o uso de um elemento de proteção solar reduz o ganho de calor em um ambiente, e que esse fato permitiu uma redução de quase 30% no custo de energético relacionado ao uso de equipamentos para o resfriamento do ar interno.

É importante mencionar também que esses elementos de proteção solar aplicados às fachadas podem ser estáticos ou dinâmicos, dependendo da necessidade do ambiente. Isto porque, dependendo das aberturas na fachada (disposição e tamanho), muitas vezes faz-se necessário a mudança de direção dos dispositivos ao longo do dia. A Figura 13 demonstra alguns tipos de dispositivos existentes.



**Figura 13:** Exemplos de protetores solar dinâmicos, manuais ou mecânicos.

Almeida (2001) destaca algumas condições, que ele considera as principais, para a utilização de um elemento de controle da luz natural, como: controle da radiação solar direta e indireta, conforto ambiental e ligação visual com o exterior. No entanto, ao utilizarem-se esses elementos no envelope da edificação, deve-se levar em consideração a sua refletância e a orientação solar, se este estará recebendo insolação direta ou indireta, pois, como Fiuza (2008) verificou, quando a superfície do protetor solar recebe insolação direta ou dependendo das características de refletância de sua superfície, podem resultar em uma interferência nas condições e distribuição da iluminação no interior do ambiente.

Com isso, é importante que o arquiteto projetista tenha um conhecimento prévio do local do estudo (latitude, entorno imediato, condições do céu mais frequentes, tarefa a ser desempenhada no ambiente,...) e, de acordo com essa informação, deve criar um projeto que maximize o aproveitamento dessa luz natural, evitando ao mesmo tempo o incômodo que ela pode causar, como ofuscamento e ganho de calor.

## 2.10 CONFORTO AMBIENTAL

Conforto ambiental é a sensação fisiológica de bem estar existente com relação às condições físicas do ambiente construído (KOWALTOWSKI *et alii*, 2003; GARROCHO, 2005). Assim, diz-se que a sensação de conforto é a relação do usuário com o ambiente em que ele se encontra.

Kowaltowski *et alii* (2001) afirmam que mesmo um projeto arquitetônico de qualidade pode não ser suficiente para atingir inteiramente a satisfação dos usuários. Pois, para que um ambiente seja considerado confortável, ele deve possuir pelo menos uma de suas condições físicas de acordo com a satisfação do usuário, podendo influenciar no desempenho e saúde dos usuários.

Com isso, o estudo dessas condições foi seccionado, tratando separadamente o conforto térmico, conforto acústico e conforto visual, sendo este último relacionado com um projeto que garanta os níveis de iluminância, recomendados por norma técnica, e níveis de luminância adequados, além de controle do efeito de ofuscamento.

A iluminação, uma das variáveis do conforto ambiental interno, é bastante importante na concepção do projeto arquitetônico, pois está

intrinsecamente relacionada ao ruído e à temperatura. Além disto, a grande maioria das atividades produtivas são tarefas visuais que necessitam de quantidade e qualidade de iluminação (BONATES *et alii*, s/d, p.1).

Sendo assim, como salientam Pais e Melo (2011), pode-se dizer que um bom projeto arquitetônico associado a um bom projeto lumínico proporcionam ambientes visualmente adequados que garantem um bom desempenho das tarefas e uma melhor percepção do espaço, evitando, ao mesmo tempo, um excesso de reflexões que podem gerar ofuscamento.

## 2.11 CONSCIÊNCIA AMBIENTAL

O modelo de desenvolvimento tecnológico seguido até meados do século XX, não previam o esgotamento dos recursos naturais e com a quantidade de resíduos gerados que seriam descartados no meio ambiente, resultando na depredação ambiental (ZAMBRANO, 2008).

Sendo assim, desde a década de 70, o mundo começou a pensar em políticas ambientais que minimizassem o impacto do desenvolvimento no meio ambiente, tendo sido realizados diversos eventos mundiais que resultaram no Protocolo de Montreal, Protocolo de Kyoto, além da determinação dos princípios do desenvolvimento sustentável.

A ONU definiu em 1987 o desenvolvimento sustentável como sendo um desenvolvimento que atende às necessidades da atualidade, sem que haja comprometimento para as gerações futuras.

A ideia de sustentabilidade é o novo ideal perseguido pela sociedade, visando o menor impacto possível sobre o meio ambiente através da incorporação e utilização dos recursos naturais renováveis, isto é, aproveitar os recursos da natureza sem que seja necessário depredá-la.

Sendo assim, com o intuito de preservar o ecossistema do planeta, começou-se a se pensar no uso de alternativas naturais e renováveis no âmbito da tecnologia, de maneira a minimizar os danos causados ao meio ambiente e seus sistemas naturais. No universo da arquitetura e construção, voltaram a ser integrados ao projeto conceitos como a iluminação natural, ventilação natural (cruzada), reaproveitamento de água, telhados verdes para redução térmica, reciclagem dos materiais e redução no consumo de energia.

Do ponto de vista da cidade como um todo, outra solução muito utilizada foi a reintegração da vegetação ao meio urbano, com o intuito de reduzir os efeitos da poluição, melhorando assim a qualidade do ar e reduzindo os gases do efeito estufa.

Com esse pensamento sustentável sempre presente na atualidade, e vendo-se a importância de incorporar o “verde” ao meio em que se vive, os elementos de proteção solar integrados nas envoltórias das edificações poderão ter novas ideologias projetuais. Sendo assim, a incorporação de massas vegetais à envoltória de edifícios comerciais e residenciais, vem sendo disseminada cada vez mais entre os arquitetos da atualidade e empregada em projetos ao redor do mundo.

## 2.12 VEGETAÇÃO

As espécies vegetais possuem diferenças marcantes em suas estruturas físicas por sofrerem influências das características do meio, como por exemplo, quantidade de luz incidente, temperatura do ar, tipo de solo e umidade, além das diferenças entre espécies. Segundo Carvalho (2001), o clima influi diretamente na água, nas plantas, na fauna e na agricultura de uma região, e reflete em uma grande variedade de espécies vegetais, condições climáticas e solos existentes, fazendo com que existam diversos tipos de paisagens vegetais.

As diversas espécies vegetais existentes no planeta possuem diferentes características morfológicas (estrutura, altura, copa, densidade, folhagem,...), e como ressaltam Norman e Campbell (1989), a mutabilidade do dossel das espécies (espacial e temporal) dificulta a quantificação de sua geometria. Mascaró (2005) informa que são essas diferenças, juntamente com a estação do ano e tempo de vida das espécies, determinam a área sombreada.

O território brasileiro é constituído por diferentes regiões climáticas e fitogeográficas, que se enquadram nos diferentes biomas encontrados no Brasil, são eles: Amazônia, Pantanal, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica e Pampa. Na cidade de Florianópolis, onde foi realizado o estudo, o clima existente é o subtropical úmido e o tipo de vegetação é a do bioma Mata Atlântica, que é considerada a floresta mais rica em espécies vegetais do mundo, com 93% de sua grande área de mata nativa devastada.

Nos últimos trinta anos, a paisagem dos morros de Florianópolis passou a sofrer grandes alterações, isto porque com o fim das lavouras de café e cana-de-açúcar que existiam na região, implantadas pelos

nativos, a vegetação nativa dessa região voltou a surgir, formando uma floresta ombrófila densa. Com a diversidade de espécies vegetais existentes, encontram-se vegetações com diferentes portes, formatos de copa, tipos de folhas, permeabilidade de copa e perenidade das folhas, entre outras características. É através dessas diferenças morfológicas que elas são classificadas e identificadas.

### **2.12.1 Tipos de uso da vegetação**

Dentro de uma paisagem, sendo urbana ou rural, a vegetação pode ser encontrada de diversas maneiras e com diversas funções. Três formações vegetais encontradas frequentemente no meio ambiente são: as herbáceas, espécies rasteiras utilizadas para cobrir uma determinada área; as arbustivas, espécies de pequeno porte que são muito utilizadas para delimitar áreas; e as arbóreas, com espécies de pequeno, médio e grande porte.

Herbáceas são espécies rasteiras, como as gramíneas, que são usadas normalmente como forração vegetal. Elas possuem várias finalidades dentro de uma paisagem projetada pelo homem, como por exemplo: como parte integrante de um projeto paisagístico, ou como uma maneira de conter a erosão do solo e encostas.

As espécies arbustivas se assemelham as arbóreas, sua principal característica é o tronco ramificado desde a base. O arbusto é uma vegetação com bifurcação a baixa altura ou rente ao solo, de tamanho adulto inferior a seis metros (LIRA FILHO, 2002). No entanto, o limite para a altura das espécies arbustivas ainda é um tópico delicado, pois não existe um consenso entre os autores (MENEZES, 2009), sabendo-se apenas que seu tamanho pode se semelhar ao de uma espécie arbórea de pequeno porte.

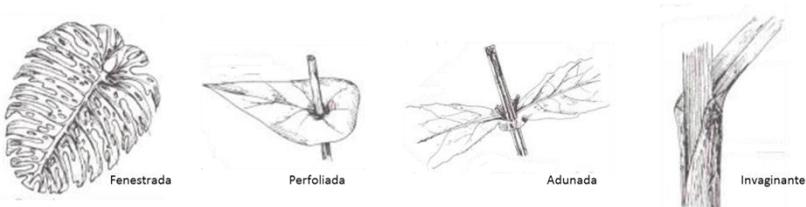
As arbóreas são espécies de pequeno, médio e grande porte, com o troco lenhoso e diferentes características de folhas e copa. No meio urbano a arborização pode ser encontrada nas calçadas das vias públicas, em praças e em parques, sendo muito apreciadas pela população.

### **2.12.2 Característica das copas e folhas da vegetação arbórea**

Muitas são as características que distinguem as espécies arbóreas, como: o tamanho, cor e perenidade das folhas; e o formato e a densidade da copa. O conhecimento das particularidades de uma espécie, com

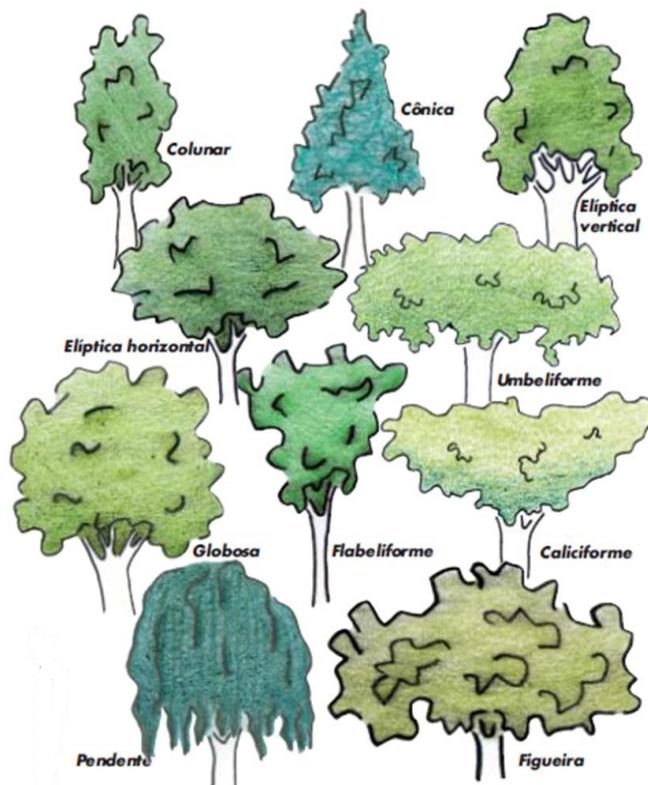
relação às características estruturais e físicas, é fundamental para a sua identificação e classificação.

O conjunto de espécies vegetais em uma paisagem é denominado vegetação. A vegetação pode ser definida quanto ao formato da folha, podendo ser classificada como latifoliada, quando possuem folhas largas, ou aciculifoliada, quando as folhas possuem uma forma de agulha. Vale ressaltar que essa classificação encontra-se relacionada ao vegetal, podendo existir espécies com a mesma classificação, mas com tipos de folhas distintas (Figura 14), podendo ter diferentes formas e tonalidades.



**Figura 14:** Alguns tipos de folha. Fonte: Alterada de Vidal e Vidal (2006).

As árvores podem ser analisadas pelas suas folhas, raízes, frutos, flores, sementes e dossel, além do formato e textura de seu tronco. Quando analisados através da copa, as características avaliadas são o formato (Figura 15), a densidade e a perenidade.



**Figura 15:** Tipos de copa das árvores. Fonte: Guia de arborização urbana (2002).

Os vegetais podem ser perenifólios ou caducifólios, isto é, com folhas perenes, que persistem durante todo o ano, ou caducas, que caem em uma determinada estação do ano. Essa característica, juntamente com o tamanho das folhas e a quantidade de ramos, ajuda a determinar a densidade da copa. Com isso, pode-se dizer que quanto maior for o tamanho das folhas, a quantidade de ramos e se ela for perene, mais densa será a copa.

Contudo, é importante ressaltar que as árvores possuem comportamentos diferentes quando em seu habitat natural ou na cidade, havendo diferenças no porte das árvores, no diâmetro das copas, nos hábitos de crescimento e nas folhagens, quando comparadas as mesmas espécies (Oliveira, 2011).

## 2.13 VEGETAÇÃO NA PAISAGEM

No planeta, existe uma grande variedade de espécies vegetais formando paisagens diversificadas, que podem ser naturais ou criadas pelo homem, dentro delas essas diferentes espécies, com copas, troncos e folhas de texturas e tonalidades diferenciadas, podem perder sua individualidade e fundir-se na perspectiva do todo.

Em uma paisagem vegetal, pode-se encontrar grupamentos homogêneos e heterogêneos, que estão ligadas as espécies. Normalmente, os homogêneos são resultados do cultivo do homem com o intuito de reflorestamento ou até mesmo com vista à produção industrial. Já os heterogêneos são paisagens naturais, que formam um organismo equilibrado com uma grande variedade de espécies, normalmente encontrado em florestas nativas, bosques e jardins.

A vegetação pode ser encontrada na paisagem de quatro maneiras distintas: Isolada, parcialmente isolada, em grupamentos rarefeitos e em grupamentos densos (Figura 16). Ele pode estar inserido no meio urbano ou no meio rural, sendo que o grupamento denso encontrado em meio às cidades ocorre somente com a criação de florestas urbanas.



**Figura 16:** Diferentes densidades das paisagens vegetais. Fonte: PEIXOTO *et alii* (apud OLIVEIRA, 2011).

No entanto, existe uma grande diferença quando se compara a paisagem rural com a urbana, isto devido à elevada proporção de áreas verdes que encontramos em um meio rural. Estudos comprovam que as diferenças físicas dos elementos encontrados em ambos os meios acarretam em uma grande variação na qualidade ambiental, verificando-se uma grande diferença térmica, inclusive a criação de microclimas (OKE, 1978; BUENO-BARTHOLOMEI *et alii*, 2001; MARTINS *et alii*, 2002; MASCARÓ *et alii*, 2008).

Sendo assim, com o intuito de se melhorar a qualidade ambiental do meio urbano, começou-se a existir uma preocupação em se inserir a vegetação às áreas urbanizadas, através de áreas de preservação,

parques, vias arborizadas, praças e jardins. Todavia, como Pietrobon (1999) ressalta, é importante que se haja uma integração entre o paisagismo, durante a etapa de concepção de uma edificação, isto é, a paisagem do entorno imediato, e a arquitetura, para que se tenha uma boa qualidade do produto final. E como Brocaneli e Stuermer (2007, p.8) ressaltam, “*a vegetação, quando disposta através de um projeto de paisagismo que considere tanto as questões visíveis quanto as sensíveis, colabora para o enobrecimento da edificação e também para a concepção da paisagem de forma única*”.

Sabe-se que no entorno das construções, ou seja, na paisagem, todas as superfícies, sejam elas vegetais ou de construções, possuem um grau de luminância e iluminância que vão variar de acordo com suas características físicas e as condições do céu. Mensurar a contribuição da vegetação integrante da paisagem na iluminação de um ambiente é uma tarefa complexa, pois se trata de uma massa vegetal que possui níveis de iluminância diferenciados de acordo com as condições do céu e com suas características morfológicas e biológicas.

A iluminância sob um grupamento arbóreo é avaliada como percentual relativo da luz natural disponível que é transmitida através da vegetação. (...) Um fator determinante na quantidade e distribuição da luz natural sob as árvores é o tempo atmosférico (MASCARÓ *et alii*, 2008, p.2).

Todas essas características benéficas da estrutura física da vegetação nos leva citar o ecourbanismo, cujo conceito é baseado na sustentabilidade multidimensional das cidades, que tem como finalidade diminuir o impacto ambiental e os problemas sociais decorrentes de um sistema de planejamento urbano não integrado, que não respeita o meio ambiente.

Pippi *et alii* (2003) informam que devido as suas estratégias ecológicas e tecnológicas, que se baseia no uso racional das condicionantes naturais, essa nova forma de desenvolvimento urbano proporciona a harmonia e o equilíbrio entre as edificações e seu entorno.

Como uma alternativa dessa “ecotecnologia”, temos a vegetação aplicada às fachadas com suas diversas finalidades, que podem ser estéticas, ornamentando ou revitalizando uma edificação, ou funcionais, como forma de suprir uma deficiência da mesma. Atualmente, sua aplicação tem conquistado um relevante espaço no mercado construtivo,

pois a tecnologia moderna associada a técnicas inovadoras passam a permitir a sua aplicação em todo tipo de edificação, sem limite de altura.

## 2.14 A VEGETAÇÃO E O CONFORTO AMBIENTAL

Porque paisagens, montanhas, poentes e alvoradas, quedas d'água, canteiros de flores, se tornam temas tão comuns para pintores e fotógrafos? A beleza natural, vivenciada diretamente ou através das artes, despertam no observador um sentimento romântico, tranquilidade, paz, respeito e admiração. Há uma interface entre a beleza orgânica da natureza e o instinto humano direcionado para embelezar o ambiente construído (MICHEL, 1996, p.3).

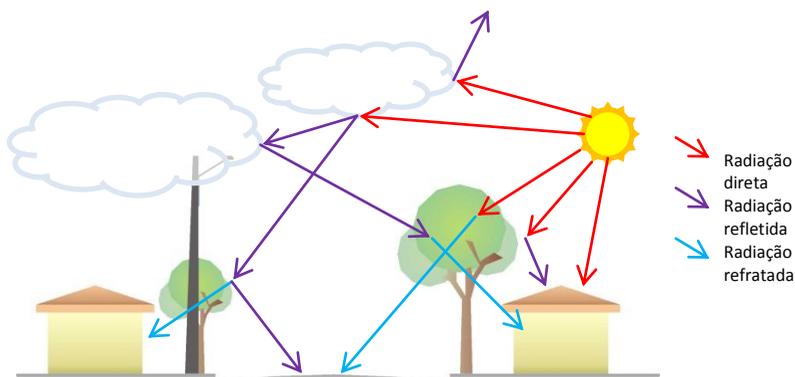
No meio urbano, a vegetação, por suas características físicas, proporcionam muitas vantagens ao homem que vive na cidade, como: redução do efeito da ilha de calor, melhoria na qualidade do ar, aumento na umidade do ar, sombreamento proporcionado, controle do vento e redução de ruídos, além do bem estar psicológico (BERALDO *et alii*, 2003; WARDOYO, 2008; OLIVEIRA, 2011). Variando em função do clima e do projeto paisagístico, as paisagens vegetais encontradas possuem diferentes formas, volumetrias, permeabilidade e densidade dos espécimes.

Segundo a *Commission Européenne* (1999), a presença da vegetação, sob a forma de árvores criando sombras ou como gramados, é uma das principais fontes de redução do calor no ambiente. Essa afirmação é corroborada quando verificar-se que as áreas com maior cobertura vegetal possuem índices de temperatura mais baixos do que as áreas com alta densidade de construções. Isso leva a considerar a importância do planejamento do uso do solo urbano, fazendo com que seja introduzido um maior número de espaços livres, cercados por vegetação, nas áreas mais densamente ocupadas (PEDREIRA *et alii*, 2007).

Sendo assim, ao longo dos anos diversos estudos (BUENO-BARTHOLOMEI *et alii*, 2001; MASCARÓ *et alii*, 2008; AYRES, 2010) foram realizados analisando a influência da vegetação no microclima das cidades, focando principalmente na condição de conforto térmico que poderia trazer o uso de espécies vegetais, unitárias ou em forma de maciços, empregados dentro da paisagem urbana.

A vegetação, em todos os seus estratos, contribui de forma significativa para o conforto ambiental. Tanto a distribuição de maciços arbóreos ou arbustivos no controle do vento e da insolação (sombreamento) quanto a especificação de gramados e forrações, isoladas ou em conjunto, modificam o microclima e auxiliam no controle do conforto térmico humano, seja favorecendo a retenção da umidade natural e a permeabilidade do solo, seja atuando na redução da temperatura das superfícies ou absorvendo a radiação solar etc. (VASCONCELLOS E BARROSO-KRAUSE, 2011, p.3).

Bueno-Bartholomei e Labaki (2003) ressaltam que a vegetação é muito importante como elemento de controle da incidência da radiação solar, Figura 17, tornando-se significativo um estudo que quantifica e qualifica a atenuação dessa radiação.



**Figura 17:** Esquema das possíveis trajetórias da radiação solar na paisagem.

Cobrir uma superfície da construção com vegetação seja ela uma parede interna ou a fachada da edificação, normalmente está ligado à necessidade de melhorar o conforto térmico e o acústico do ambiente. Pois, por ser um organismo vivo a planta pode absorver e armazenar o calor, ao mesmo tempo em que serve de barreira sonora. Porém, ela também possui outra função não muito analisada, que é a de filtro luminoso (YATES e McKENNAN, 1988).

## 2.15 A VEGETAÇÃO E O CONFORTO VISUAL

Árvores que cercam edifícios obstruem a luz natural e estes edifícios passam a ser iluminados de outra maneira, aumentando o uso de luz elétrica e reduzindo a sua eficiência energética. É a resposta mais simples de que onde se deseja uma eficiência energética, a única solução é a inexistência de árvores, ou existem alternativas? (YATES e McKENNAN, 1988, p.19).

Yates e McKennan (1988) levantam essa questão, pois a vegetação no meio urbano era vista como um elemento bloqueador da luz natural direta, acarretando em ambientes mais escuros onde fazia-se mais necessário o uso de uma iluminação artificial, acarretando em um maior custo energético.

Contudo, como mencionado anteriormente, as árvores encontradas no meio urbano proporcionam uma sensação de bem-estar, além de evitar que os raios ultravioletas e infravermelhos atinjam diretamente o ambiente. Visto que, devido a sua estrutura flexível e em constante mudança física, os raios de luz natural, provenientes do Sol e da abóbada celeste, são refletidos em suas folhagens permitindo uma iluminação difusa no ambiente. Rivero (1986) afirma que uma massa vegetal chega a absorver cerca de 90% da radiação visível e até 60% da radiação infravermelha, alegando que o restante dessa radiação seria refletida pelas folhas ou transmitida através dos espaços entre elas.

Sabe-se que para se ter um ambiente com uma iluminação que proporcione um determinado nível de conforto visual, deve-se tomar cuidado com a radiação solar direta, a refletância do entorno imediato e o grau de luminância da abóbada celeste. Pois, esses eventos, se não tratados corretamente, podem provocar ofuscamento e excesso de potência luminosa, resultando em um ambiente visualmente desconfortável, podendo causar complicações fisiológicas e psicológicas aos usuários.

Para evitar o desconforto causado pela incidência da radiação solar direta e pelo ofuscamento, deve-se proteger adequadamente as fachadas das edificações com elementos de proteção, sejam eles vegetais ou construtivos. Porém, Konopacki e Akbari (2001) verificaram que quando comparada com materiais de cores claras ou com elevado coeficiente de reflexão, a vegetação é preferível. Isto porque, como ressaltam Mascaró *et alii* (2008), a vegetação é capaz de amenizar a

radiação solar, através de suas propriedades físicas de absorvância e refletância.

Brocaneli e Stuermer (2007) informam que quando usadas no paisagismo urbano, uma sequência de árvores de pequeno a médio porte podem sombrear ao mesmo tempo em que provoca uma agradável sensação de “rebaixamento” da abóbada celeste, conduzindo o olhar do pedestre e permitindo que esse ignore, momentaneamente, a escala urbana do entorno, uma mudança de perspectiva apreciada pelo homem.

Com isso, pode-se verificar que a vegetação é um elemento muito utilizado como forma de barreira dos raios solares e que também permite um maior nível de conforto ao ambiente por se tratar de um organismo vivo, que além de filtrar a luz natural que chega ao ambiente, também absorve a radiação solar reduzindo a temperatura.

Esses estudos demonstram que a vegetação, de uma maneira geral, possui um elevado potencial de obstrução da luz natural, visto que, dependendo da espécie, sua estrutura física pode possuir alta ou baixa densidade, determinando seu grau de permeabilidade de luz.

Essa característica foi comprovada por Vasconcellos (2012), que analisou o percentual de bloqueio e passagem da luz natural através de diferentes espécies vegetais, e concluiu que o resultado varia de acordo com as características físicas específicas de cada espécie vegetal. Como pode-se ver na Tabela 1, a autora classificou o percentual de permeabilidade das copas através da análise do percentual de bloqueio e passagem de luz que elas apresentaram.

**Tabela 1:** Percentuais de bloqueio e passagem de luz nas copas (VASCONCELLOS, 2012).

Espécie	% médio de bloqueio à luz	% médio de passagem de luz	% médio de permeabilidade à passagem de luz
Terminalia catappa	92,2	7,8	baixa
Licania tomentosa	91,8	8,2	baixa
Mangifera indica	94,1	5,9	baixa

Esses resultados foram obtidos através de medições de iluminância realizadas abaixo das copas desses espécimes e ao lado deles. A coluna contendo o percentual médio de permeabilidade à

passagem de luz representa a classificação definida pela autora com relação a transparência das copas dessas espécies.

Como ressaltam Monteith e Unsworth (1990), a densidade das folhas da copa, o coeficiente de extinção (grau de diminuição da luz do dossel por absorção e dispersão) e a incidência da radiação são fundamentais para a atenuação da radiação na cobertura vegetal. Eles falam também que quando a copa não for suficientemente densa para bloquear toda a radiação direta incidente, o coeficiente de reflexão da mesma será influenciado pela reflexão do solo.

Sabe-se que para alcançar o conforto visual em uma edificação é importante definir como a luz natural irá penetrar nesse ambiente, para isso faz-se necessário um estudo prévio que determine a necessidade do uso de elementos de controle de radiação solar. No entanto, o uso da vegetação como barreira para a luz natural torna esse controle uma tarefa difícil, pois se trata de um organismo vivo, que possui características lumínicas diretamente ligadas com as condições climáticas, tornando necessário um estudo mais profundo para a análise de suas qualidades como elemento de proteção solar.

## 2.16 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica abordou conceitos ligados a fontes e comportamento da luz natural, ligando-a a sua importância no ambiente construído e cuidados que devem ser tomados. Falou também da consciência e do conforto ambiental, das características da vegetação, sua classificação e importância dentro da paisagem e sua ligação com a sensação de conforto ambiental. O conteúdo apresentado direciona o leitor para a compreensão do tema proposto.

Houve grande dificuldade em encontrar estudos analisando a contribuição da vegetação como fonte secundária de luz natural para o interior de ambientes, estando a maioria dos estudos direcionados a uma análise térmica que informa a qualidade da vegetação como criadora de um microclima auxiliando no conforto térmico, na diminuição de ruídos ou como barreira à radiação solar.

Contudo, verificou-se que, o estudo da iluminação natural deve ser realizado nas primeiras fases do projeto, visto que sua presença influencia na aparência final da edificação. Lembrando-se que a integração da luz natural no projeto de iluminação dependerá de aspectos característicos que variam de acordo com o clima e a trajetória

solar de cada região. As particularidades de cada projeto, somadas à sua localização, poderão fazer necessária a presença de barreiras protetoras ou objetos refletores.

Como ressalta o texto, a árvore possui um papel essencial quando na análise das variáveis climáticas de um meio. Essa afirmativa baseia-se nas características físico-químicas da vegetação como um todo, visto que ela possui a capacidade de reduzir significativamente a temperatura da área sombreada devido a sua qualidade como barreira para a radiação solar direta e intensidade do vento, além de aumentar a umidade relativa do ar.

Apesar da sensação de conforto ser, por muitas vezes, considerada algo subjetivo, pode-se dizer que uma área que possua uma vegetação integrada a ela, pode proporcionar ao usuário uma sensação relativa de conforto psicológico. O prazer que o homem sente ao estar cercado pela vegetação com, suas folhas com uma grande gama de tonalidades, suas formas variadas, exalando diferentes aromas e provocando diversos estímulos, unidos a sua grande capacidade de redução de temperatura, proporcionar uma sensação de bem estar físico e emocional.

Bueno-Bartholomei *et alii* (2001) ressaltam a importância do estudo das árvores como elemento de controle da radiação solar incidente sobre os espaços urbanos, mas, como a maioria dos estudos, não mencionam o potencial dessas árvores como elementos da iluminação indireta.

Sendo assim, a revisão bibliográfica realizada demonstra a carência de pesquisas que abordem o tema proposto, verificando as características da vegetação como elemento de reflexão da luz natural e seu impacto dentro do ambiente construído. Como salientado anteriormente, essa característica da vegetação ainda não foi amplamente estudada e analisada de maneira a avaliar seus benefícios no meio urbano e para com a edificação.

Esses fatos evidenciam a relevância desse estudo, que apresentará aspectos referentes à utilização da vegetação junto ao projeto arquitetônico, suas características apreciadas de maneira geral e o seu potencial como elemento relevante dentro de um projeto de iluminação. Será apresentada também uma maneira de fácil compreensão e emprego para o arquiteto mensurar a influência que a vegetação encontrada no entorno do terreno possui na iluminação interna de uma edificação, sendo uma construção pré-existente ou projeto a ser desenvolvido.



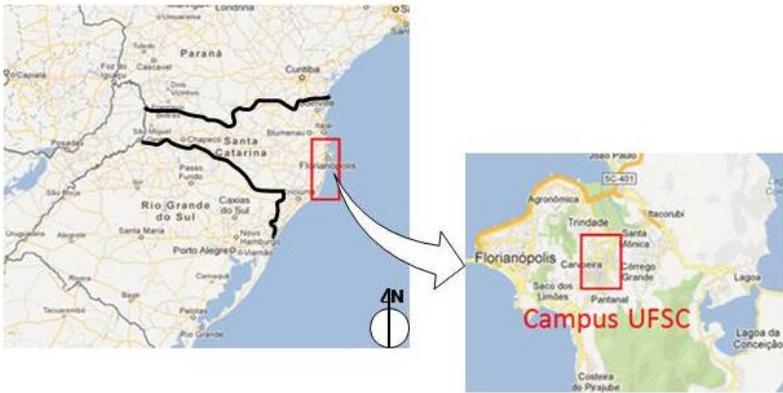
### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão descritas as técnicas experimentais adotadas para a análise do comportamento da vegetação como elemento de controle solar e fonte de luz para ambientes internos. Para isso, foi desenvolvido um método experimental, com base em estudo de caso realizado com análises de imagem fotográficas obtidas com lente “olho de peixe” (180°) e com o uso de um modelo físico em escala reduzida. Essa proposta de método justifica-se pela dificuldade de trabalhar com a vegetação através de simulação computacional.

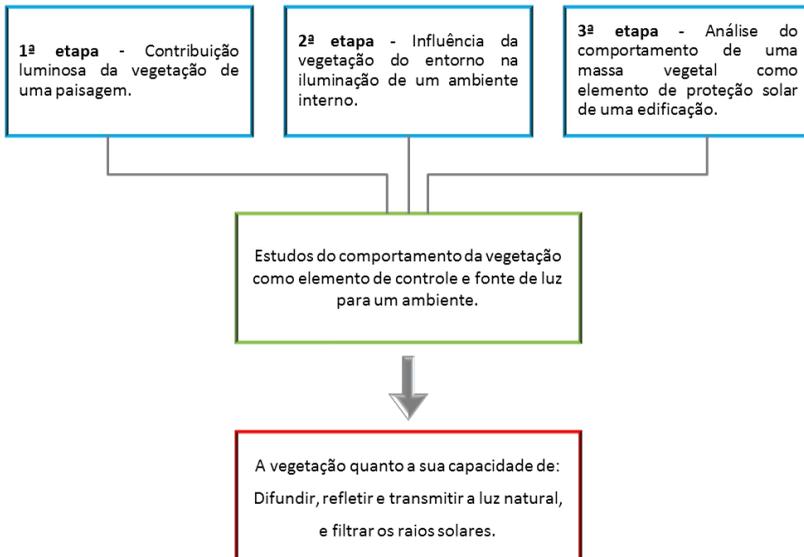
O trabalho foi dividido em três etapas. A primeira etapa consiste em uma análise estimada da contribuição de luminância dos elementos presentes em uma paisagem. A segunda, apresenta uma análise do entorno de uma edificação, identificando a contribuição desse entorno na iluminância de um ponto em um ambiente interno. Por fim, a terceira parte analisa a luz natural que incide em uma abertura lateral, sobre três tipologias de fachada.

O objetivo desta pesquisa foi analisar, através de estudos de caso, o comportamento da vegetação como elemento de controle solar e como fonte de luz natural, para ambientes internos. Para isso, foram realizados três estudos de caso que visavam caracterizar as massas de vegetação quanto ao seu potencial como fonte de luz natural. As análises de cada etapa foram realizadas no campus da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, localizado na cidade de Florianópolis, em Santa Catarina – Brasil (Figura 18).



**Figura 18:** Localização geográfica da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis. Fonte: [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)

Cada uma das análises foi realizada com um estudo de caso visando verificar um objetivo distinto, onde os resultados obtidos foram utilizados para análise e posteriores conclusões, como pode-se verificar na representação da Figura 19.



**Figura 19:** Esquema explicando as etapas da metodologia e os objetivos a serem alcançados.

Em cada etapa, portanto, foi realizado um estudo de caso diferente através de diferentes paisagens. As análises de cada etapa foram realizadas da seguinte maneira:

- Na primeira etapa foram levantadas as luminâncias das superfícies presentes em uma paisagem externa com registro fotográfico com uma lente “olho de peixe”, e realizada uma análise comparativa através do percentual de área relativa de cada superfície na imagem, e sua luminância;
- Na segunda etapa foi analisada a influência da paisagem do entorno, com registro fotográfico com uma lente “olho de peixe”, na iluminação em um ponto de um ambiente interno. Para isso, foram levantadas as luminâncias do entorno e aplicados procedimentos para o cálculo da iluminância precedente da parcela do entorno analisado, fazendo uma proporcional com a iluminância do ambiente;
- Na terceira etapa foi confeccionado um modelo em escala reduzida, com apenas uma abertura lateral na fachada Norte, possuindo, no entanto, três tipologias diferentes de fachada. Para a sua análise, foram realizadas medições de iluminância em cinco pontos distintos dentro do ambiente, e realizadas comparações numéricas dos níveis de iluminância encontrados nos cinco pontos em cada uma das três tipologias distintas de fachada.

A seguir está descrita a proposta metodológica, com seus processos de seleção e etapas de estudo. Serão identificados os critérios de seleção dos locais de análise, os equipamentos utilizados durante a pesquisa, como será realizado o estudo de caso das três etapas da metodologia, e relatadas considerações a cerca da metodologia escolhida.

## **3.2 DEFINIÇÃO DOS LOCAIS DE ESTUDO**

### **3.2.1 Critérios de seleção**

Com relação aos critérios utilizados para a escolha dos locais para a realização da pesquisa, e suas três etapas, pode-se destacar:

- Paisagem do entorno com elevada proporção de áreas verdes;
- Facilidade de acesso;

- Proximidade com o laboratório de Conforto Ambiental (LabCon) do Departamento de Arquitetura e Urbanismo - UFSC, fornecedor dos equipamentos utilizados;
- Disponibilidade para a realização da pesquisa durante o período estimado.

Complementarmente, levou-se em consideração também a questão da segurança no local onde seriam realizados os estudos de caso, em função dos equipamentos utilizados para as medições.

### 3.2.2 Localização e descrição dos locais

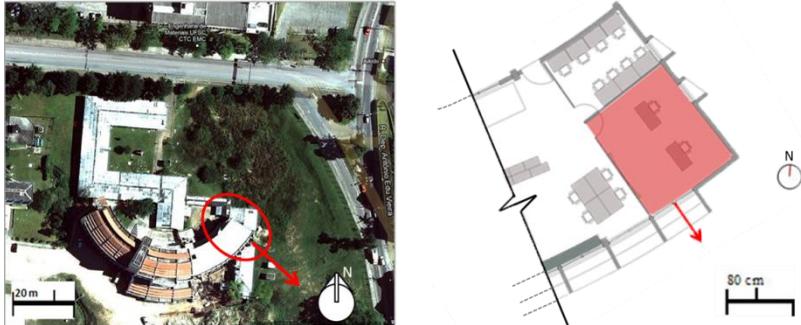
Os pontos onde foram realizados os experimentos estão localizados dentro da Universidade Federal de Santa Catarina, campus Trindade, junto ou dentro do prédio do Curso de Arquitetura e Urbanismo ARQ-UFSC, Florianópolis – Santa Catarina (latitude  $-27^{\circ} 35' 48''$  e longitude  $-48^{\circ} 32' 57''$ ).

Para o estudo da paisagem externa, foram determinadas duas áreas na extremidade direita do terreno da ARQ-UFSC, voltadas para Noroeste e Nordeste (Figura 20).



**Figura 20:** Planta de localização da ARQ-UFSC, com a indicação da área externa estudada e as direções frontais das fotos utilizadas na análise.

Já no estudo da influência do entorno na iluminação de um ponto em um ambiente interno, foi definida uma sala do LabCon, e analisada a paisagem do entorno visualizado por uma janela voltada para Sudeste (Figura 21).



**Figura 21:** Planta de localização do ambiente estudado (em vermelho).

E por fim, para o terceiro estudo, a maquete confeccionada foi posicionada também na extremidade direita do terreno, voltada para Norte (Figura 22) e, em seguida, na perpendicular da direção do Sol.



**Figura 22:** Localização do Modelo de estudo no terreno da ARQ-UFSC

### 3.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

#### Luxímetros

Os luxímetros são aparelhos com uma fotocélula integrada e tem como função medir a quantidade luminosa. Eles têm como opção a unidade de medida em lux ou em Footcandles (fc).

Neste trabalho foram utilizados três modelos distintos de luxímetros, todos equipamentos portáteis e de fácil manuseio (Figura 23). Eles foram usados nas medições de iluminância dos ambientes internos e externo. São eles:

- Luxímetro Digital MLM-1333
- É um luxímetro digital fabricado pela Minipa, possui um display LCD de 3 ½ dígitos e realiza medidas de iluminação do ambiente em lux na faixa de 0,01lux a 20.000lux e em fc na faixa de 0,01fc a 20.000fc. Foram utilizados quatro unidades para as medições de iluminância no interior da maquete.
- Luxímetro LI-250
- É um luxímetro digital fabricado pela LI-COR, possui um display LCD e mede intensidade luminosa de maneira instantânea ou em médias de 15s. Foi utilizada uma unidade, para as medições de iluminância no interior da maquete.
- Luxímetro MLM-1332
- É um luxímetro digital fabricado pela Minipa, possui um display LCD e realiza medidas de iluminação do ambiente em LUX e em footcandle. Foi utilizada uma unidade, que serviu para as medições de iluminância do ambiente interno durante a análise da influência do entorno e no ambiente externo durante a análise da paisagem e durante as medições da maquete.



**Figura 23:** Luxímetros digitais MLM-1333, LI-250 e MLM-1332, respectivamente.

## Luminancímetro

O Luminancímetro utilizado nesse trabalho foi do modelo Minolta LS-110 (Figura 24), que tem como opção a unidade de medida em candela por metro quadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) ou em FootLamberts (fl). Ele é um aparelho portátil que tem como função verificar a intensidade luminosa, emitida por uma fonte de luz ou refletida por uma superfície, em uma determinada direção, isto é, o “brilho”.



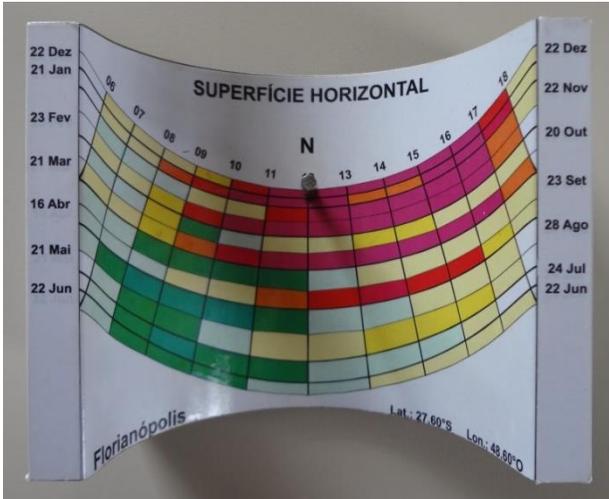
**Figura 24:** Imagens do luminancímetro modelo Minolta LS-110.

Neste estudo ele foi usado para medir a luminância da paisagem externa, do entorno da edificação e nas diferentes tipologias de fachada da maquete. A unidade utilizada para todas as medições foi a candela por metro quadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).

## Relógio de Sol

É um equipamento que mede a passagem do tempo através da posição do sol. O relógio de Sol utilizado foi confeccionado pelo LabCon-UFSC especificamente para a localização geográfica de Florianópolis, com a correção de longitude necessária (Figura 25).

Para a análise realizada nesse estudo, foi verificado o horário exato no momento da medição e posicionada a maquete voltada para norte de acordo com a leitura do horário apresentado pela sombra do gnomom (ponteiro). Para isso, o relógio de Sol foi posicionado sobre a maquete.



**Figura 25:** Relógio de Sol para a localização geográfica de Florianópolis.

## Máquina fotográfica

Para esse estudo, foram utilizados dois modelos de câmeras fotográficas (Figura 26), são eles:

- Nikon Coolpix 4500, com uma lente “olho de peixe” (180°)

É um equipamento com qualidade de imagem de 4 mega pixels, onde foi acoplada uma lente com um ângulo de 180°. O uso dessa lente possibilitou englobar todo o hemisfério visual, ao alcance de um observador, a partir de um ponto.

- Sony Cyber-shot

É um equipamento mais moderno com qualidade de imagem de 16,2 mega pixels. Foi utilizada para a captura de imagens com melhor qualidade (16,2 mega pixels) e para a captura de imagens panorâmicas.



**Figura 26:** Máquinas fotográficas Nikon Coolpix 4500 e Sony Cyber-shot, respectivamente.

### 3.4 PRIMEIRA ETAPA - ESTIMATIVA DE CONTRIBUIÇÃO DE UMA PAISAGEM EM UM PONTO NO AMBIENTE EXTERNO

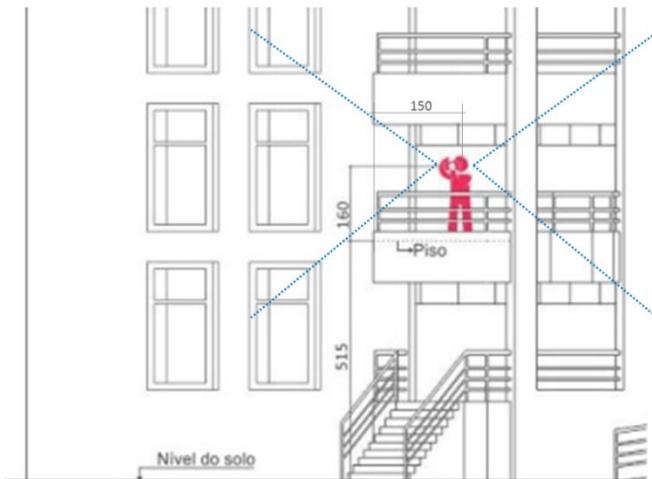
Inicialmente, foi realizado um estudo de caso como uma primeira abordagem do fenômeno da propagação de luz. Para isso, foi desenvolvido um método de análise que verificava a contribuição de luminância dos elementos presentes em uma paisagem externa, descrevendo assim qualitativamente os hemisférios luminosos. Para isso, seguiu-se o seguinte roteiro:

- I. Identificação dos hemisférios visuais a serem analisados;
- II. Determinação da posição do observador e do ponto para a realização das medições;
- III. Registro da paisagem com a câmera fotográfica Nikon, com uma lente “olho de peixe” (180°);
- IV. Divisão da paisagem em áreas, a partir das imagens geradas, através das superfícies representativas dos elementos existentes no entorno visível;
- V. Levantamento da área relativa de cada superfície existente na paisagem;
- VI. Determinação dos pontos de medição dentro de cada área demarcada;
- VII. Realização das medições de luminância da paisagem e iluminância no ponto do observador;

VIII. Aplicação das fórmulas para quantificar a contribuição dos diferentes elementos do entorno na iluminância do ponto do observador.

Primeiramente foram escolhidos os hemisférios visuais para a análise, a área externa do prédio do ARQ-UFSC voltada para Noroeste e Nordeste. Como mencionado anteriormente, foi determinado um local para a realização das medições de luminância dessas paisagens.

A Figura 27 representa a posição do observador e a altura em que foram capturadas as imagens e realizadas as medições. Foi determinado que o observador estivesse no segundo pavimento, devido à amplitude do campo visual, porém sem que fosse necessário mirar para baixo para a visualização do todo.



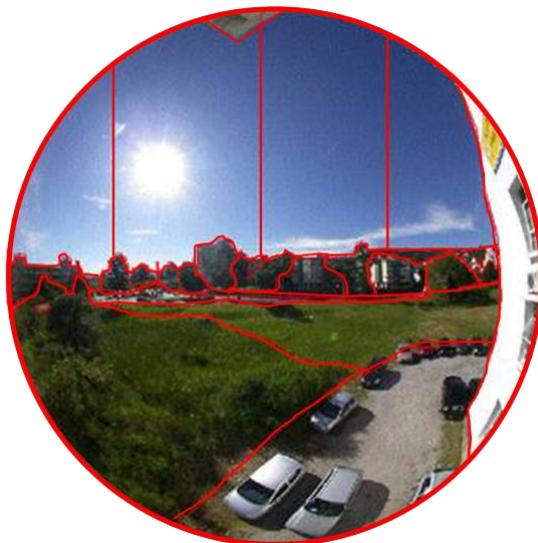
**Figura 27:** Vista da posição do observador durante as medições, com campo visual.

As imagens foram capturadas com o observador em pé, com o equipamento posicionado a uma altura de 1,60m do piso. Como o hemisfério visual era muito amplo, foram geradas duas imagens representando toda a paisagem a ser analisada, denominadas de IMAGEM 1 e IMAGEM 2 (Figura 28). Essas imagens possuem uma área sobreposta, isto é, uma parte da paisagem visualizada a direita da IMAGEM 1, representa a mesma paisagem visualizada a esquerda da IMAGEM 2.

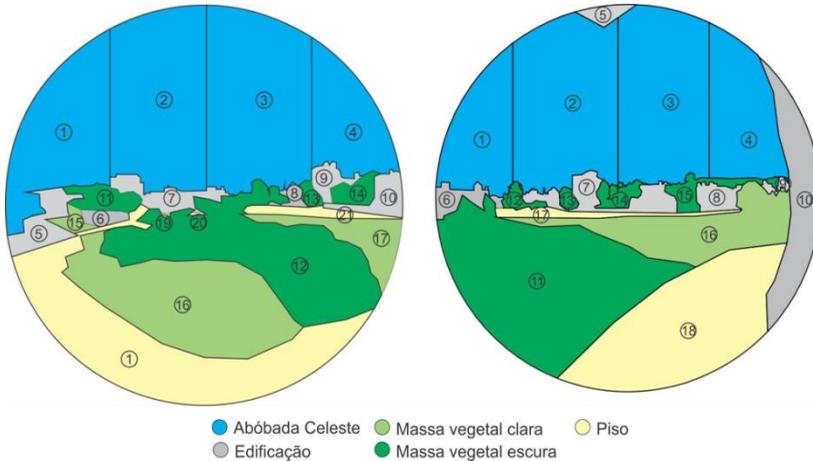


**Figura 28:** Fotografias, com lente 180°, das paisagens externas. IMAGEM 1 e IMAGEM 2, respectivamente.

A partir das duas imagens fotográficas obtidas com ângulo de 180°, foram definidas as áreas de análise, de acordo com os diferentes elementos existentes no entorno. Esses elementos foram divididos entre: massa vegetal clara, massa vegetal escura, abóbada celeste, edificações e piso (Figura 29 e Figura 30).



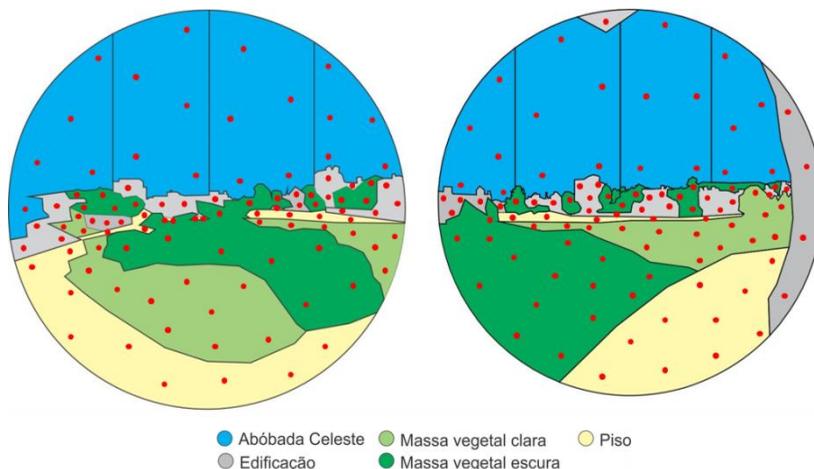
**Figura 29:** IMAGEM 2 com exemplo de demarcação das áreas.



**Figura 30:** Demarcação das áreas relativas das superfícies, IMAGEM 1 e IMAGEM 2, respectivamente.

Definidas as áreas de análise para as medições de luminância e a quantidade de pontos medidos em cada uma dessas áreas, foram calculados os percentuais das áreas relativas de cada superfície na imagem. Para isso, foi considerada como área total de cada imagem a área relativa de toda a paisagem visualizada através da foto com o ângulo de 180°. Então, primeiramente foi calculado o proporcional de área da imagem total e em seguida o proporcional de área de cada superfície. Com base nesses dados, foi possível verificar o proporcional de área relativa de cada uma das superfícies analisadas.

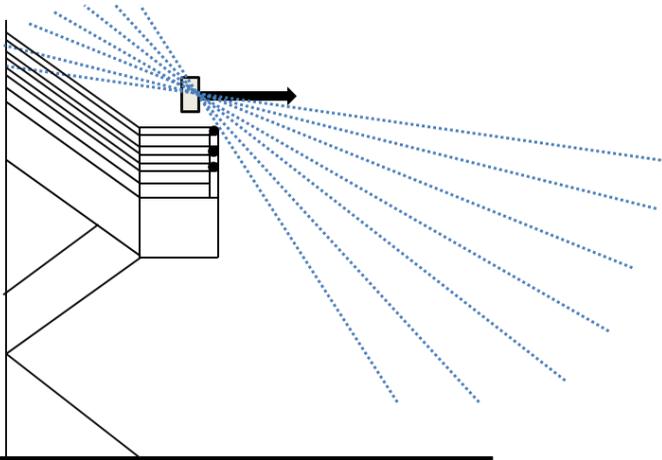
E, finalmente, dentro de cada área determinada, foram realizadas medições de luminância em diversos pontos, como mostra a Figura 31. A quantidade de pontos medidos em cada área está relacionada com o percentual relativo a cada uma dessas superfícies, isto é, quanto maior a área relativa do elemento, maior a quantidade de pontos medidos. As medições de iluminância do ambiente externo foram realizadas no início e no final de cada medição, com a fotocélula posicionada no sentido horizontal.



**Figura 31:** Pontos medidos nas Imagem 1 e Imagem 2, respectivamente.

As medições de luminância e iluminância foram realizadas com o observador posicionado no parapeito da escada, a 1,50 metros de distância da lateral esquerda da escada, a 5,15 metros de altura do solo e com o luminancímetro e o luxímetro posicionados a 1,60 metros do piso, como demonstrado na Figura 27.

Esse estudo teve como finalidade entender o fluxo luminoso que atravessa o ponto de medição, e não a análise lumínica de um ponto em um plano. Isso porque, dependendo da direção do ponto de análise, o fluxo luminoso de um componente pode incidir mais ou menos conforme a orientação da sua superfície (Figura 32). Sendo assim, esse estudo de caso analisa como, em um determinado ponto, será a participação da paisagem visualizada, através do fluxo total emitido por ela. Entretanto, foi calculada também a iluminância provocada pela paisagem no ponto situado no plano vertical do observador.



**Figura 32:** Esquema demonstrando o fluxo luminoso do entorno na direção do ponto de análise.

As medições foram realizadas em diferentes dias, horários e sob diferentes condições de céu. A duração de cada medição foi de cerca de uma hora e dez minutos, e a equipe era formada por duas pessoas, uma realizando as medições e outra registrando os valores medidos.

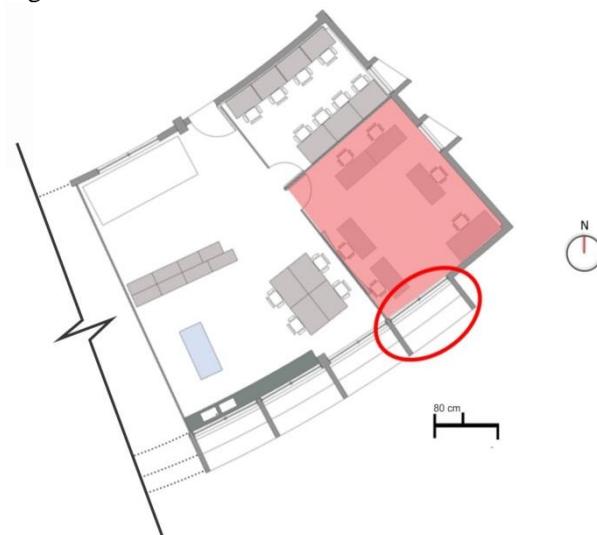
Para efeito de demonstrar as condições do céu durante as medições, foi capturada uma imagem panorâmica que englobava a imagem 1 e a imagem 2, geradas com a “olho de peixe” (lente 180°), como demonstrado na Figura 33.



**Figura 33:** Imagem panorâmica para demonstrar a condição do céu durante as medições.

### 3.5 SEGUNDA ETAPA - INFLUÊNCIA DO ENTORNO NA ILUMINÂNCIA DE UM PONTO EM UM AMBIENTE INTERNO

Essa etapa consistiu da análise da proporção de influência do entorno na iluminação de um determinado ponto em um ambiente. Para esse estudo foi utilizada uma das salas do LabCon-UFSC, e o entorno analisado foi o visualizado através da janela voltada para Sudeste, como mostra a Figura 34.



**Figura 34:** Planta do LabCon-UFSC destacando a sala e janela analisadas, em vermelho.

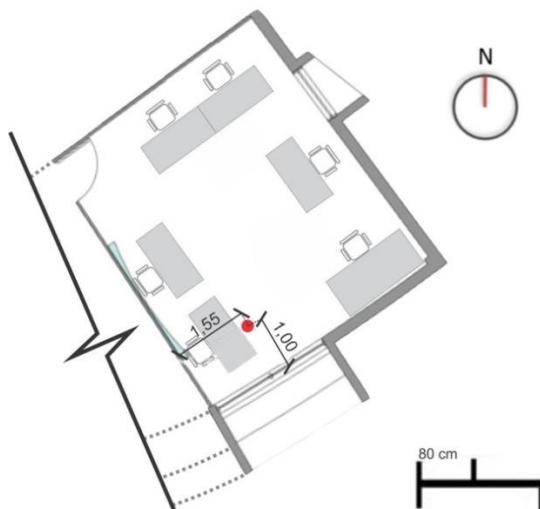
A sala onde foi realizado o estudo possui duas janelas para o exterior, uma a Sudeste (onde foi realizado o estudo) e outra para Nordeste, as paredes voltadas para o exterior e o teto são pintados na cor branca, as outras duas paredes são divisórias na cor cinza claro e possuem em sua parte superior um fechamento com vidro de 82cm do teto para o chão, Figura 35.



**Figura 35:** Fotos da sala do LabCon-UFSC onde foi realizado o estudo.

Dentro dessa sala foi determinado um ponto onde foi verificada a influência do entorno visualizado através da janela voltada para Sudeste. Esse ponto foi localizado a 1,55 metros de distância da parede, a 1,00 metro de distância da janela e a 1,30 metros de altura, com o plano de análise voltado para o entorno estudado (Figura 36).

A escolha desse ponto está relacionada com a influência da janela, isto é, representava um ponto no ambiente onde a janela tinha uma grande influência, porém não de maneira total. A determinação da sua proximidade com a janela foi uma opção para poder avaliar melhor uma proporção dessa janela. Esse ponto poderia ser interpretado como um observador sentado olhando para a janela, ou um ponto na superfície vertical de um móvel ou uma parede. Com isso, seria avaliado o quanto de luminosidade que chega ao olho do observador, ou em um móvel ou parede, é devido à vegetação.



**Figura 36:** Planta baixa da sala estudada com indicação da localização do ponto de análise do estudo.

Sendo assim, a partir desse ponto, foi capturada a imagem fotográfica com a lente “olho de peixe” (180°) do entorno visualizado através da janela. Foram realizadas medições de iluminância do ambiente interno e de luminância desse entorno. Todos esses procedimentos foram realizados a uma altura de 1,30 metros, para a simulação do campo visual de um observador sentado.

Após todo o processo de medição das luminâncias e iluminâncias, foi necessária a aplicação de algumas fórmulas para a análise da contribuição luminosa de cada uma das áreas relativas na iluminância interna a partir do ponto de análise. Para isso, foi feita uma estimativa dessa contribuição a partir da aplicação das fórmulas para o cálculo da iluminância do entorno.

Durante os períodos de medição, o ambiente encontrava-se iluminado somente pela luz natural que adentrava, permanecendo as luzes artificiais apagadas. Como o ambiente é uma sala de trabalho que se encontra em funcionamento durante todo o dia, as persianas da outra janela voltada para o Nordeste, permaneceu aberta durante as medições. As condições do céu nos dias das medições eram variadas, tendo sido realizadas com céu limpo, parcialmente nublado e nublado. As medições foram realizadas em horários variados no período da manhã e da tarde (vide apêndice).

### 3.5.1 Descrevendo o processo de medição

Primeiramente, foi obtida a fotografia com a lente “olho de peixe”, pois ela fornece uma escala equidistante, isto é, a imagem gerada com esse tipo de lente, representa na projeção das áreas as mesmas proporções que os ângulos sólidos de cada campo visualizado a partir do ponto de medição. A fotografia foi tirada no ponto de análise determinado no interior da sala, a uma altura de 1,30m e no sentido vertical representando o olhar do observador para o horizonte (Figura 37). Essa etapa é de fundamental importância para a realização dos cálculos necessários para a obtenção da iluminância do entorno.



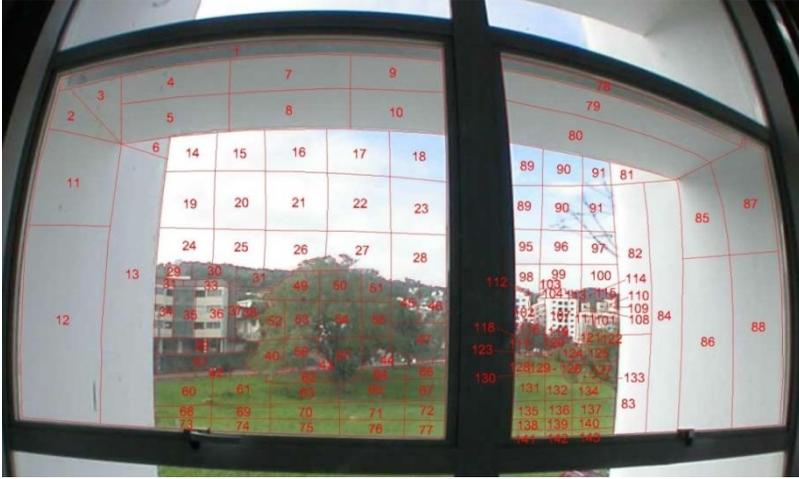
**Figura 37:** Foto com ângulo de 180°, tirada a partir do ponto de análise, visualizando o entorno estudado.

Com base na imagem fotográfica gerada, foi determinada a parcela da janela na qual é analisada a influência do entorno, Figura 38. Para isso, verificou-se a paisagem visualizada e determinou-se a parcela onde existia uma amostra mais representativa do entorno, onde não houvesse somente vegetação, mas que sua proporção fosse mais perceptível.



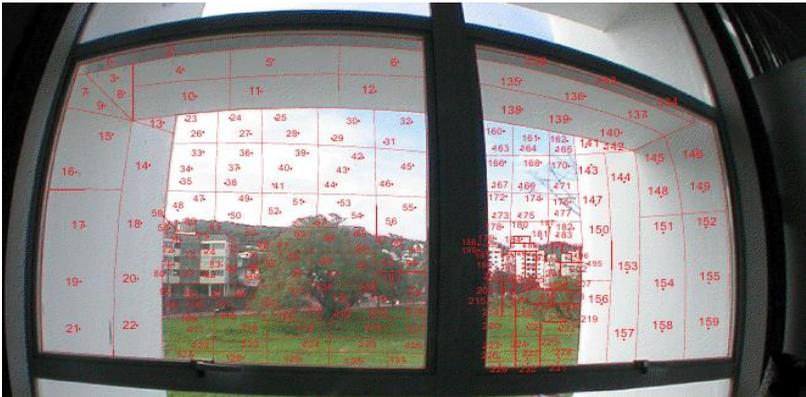
**Figura 38:** Foto mostrando a parcela da janela onde foi realizado o estudo.

E então, para uma análise mais detalhada das luminâncias do entorno, a parcela da janela estudada foi setorizada com o objetivo de dividir a porção vista do entorno em áreas projetadas representando os elementos visualizados, sendo eles: massas de vegetação, edificações, protetor solar e abóbada celeste. Esse hemisfério projetado representa a projeção equidistante da abóbada que a imagem fez no plano fotográfico, e em uma imagem física essas projeções foram subdivididas em áreas relativas ao total, dando a proporção de áreas de análise. O dimensionamento dessas subdivisões se deu de acordo com a uniformidade dos planos, isto é, quanto maior diversidade de componentes mais subdivididas elas seriam, para uma melhor caracterização da influência de cada componente, Figura 39.



**Figura 39:** Parcela da janela com setorização das áreas relativas.

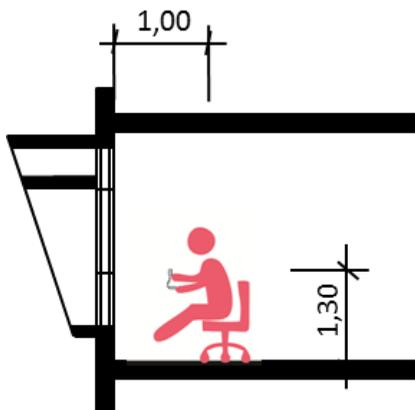
Em seguida, foi determinada a quantidade de pontos a ser medida para um melhor conhecimento acerca da luminância de cada área relativa, Figura 40. Sendo assim, foram medidos 231 pontos, estando os pontos de 1 até 131 localizados no lado esquerdo da janela e os pontos de 132 até 231, localizados no lado direito.



**Figura 40:** Foto da janela voltada para Sudeste, apresentando os pontos medidos em cada área relativa determinada.

A partir da determinação dos pontos de medição, foram medidos os níveis de luminância das massas vegetais, juntamente com os níveis de luminância do céu, dos prédios e dos outros elementos que são visualizados através dessa parcela da janela. Para a obtenção da luminância presente em cada uma das áreas relativas setorizadas, foi feita a média dos pontos medidos.

E, finalmente, para as medições da iluminância no ponto do ambiente interno, o luxímetro da marca MLM-1332 foi posicionado na vertical, de maneira que a sua fotocélula ficasse no ponto de análise e voltada para a janela, como mostra a Figura 41.



**Figura 41:** Corte esquemático da sala com a janela voltada para Sudeste, demonstrando a posição das medições de luminância e iluminância no ponto de análise.

As medições foram realizadas em três momentos durante o período de medição das luminâncias do entorno, no início da medição (antes da medição do ponto 1), no meio da medição (antes da medição do ponto 132) e no final da medição (após a medição do ponto 231). Em todas as medições realizadas, o valor de iluminância adotado foi relativo à média dos três valores medidos, como demonstrado na Tabela 2.

**Tabela 2:** Modelo de tabela para o registro e média das medições de iluminância no ponto dentro da sala.

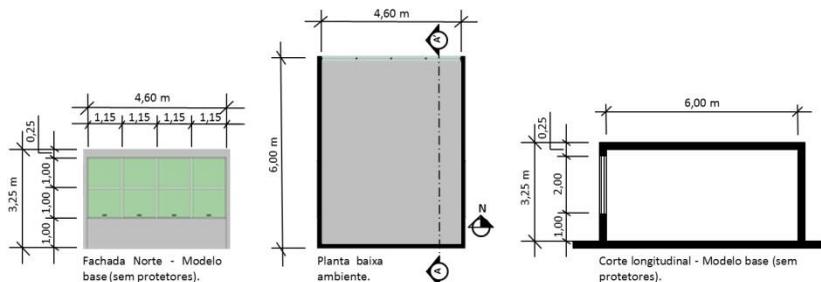
<b>Medição de iluminância no ponto de análise localizado no interior da sala (data e condição do céu)</b>		
<b>Medição</b>	<b>Horário das medições (hora e minuto)</b>	<b>Iluminância medida no ponto (lux)</b>
1° - antes da medição de luminância no ponto 1	00h00min	0,00
2° - antes da medição de luminância no ponto 132	00h00min	0,00
3° - depois da medição de luminância no ponto 231	00h00min	0,00
<b>Média das iluminâncias medidas</b>		<b>0,00</b>

### **3.6 TERCEIRA ETAPA - INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO COMO COMPONENTE DA ARQUITETURA DO EDIFÍCIO, PARA A ILUMINAÇÃO DO ESPAÇO INTERNO**

Nessa etapa foi realizada a análise de iluminâncias em 5 pontos de um modelo em escala reduzida. A partir desse modelo, foram analisadas as condições de luz no ambiente interno sob o efeito das diferentes composições de fachada, as três tipologias estudadas para a análise comparativa.

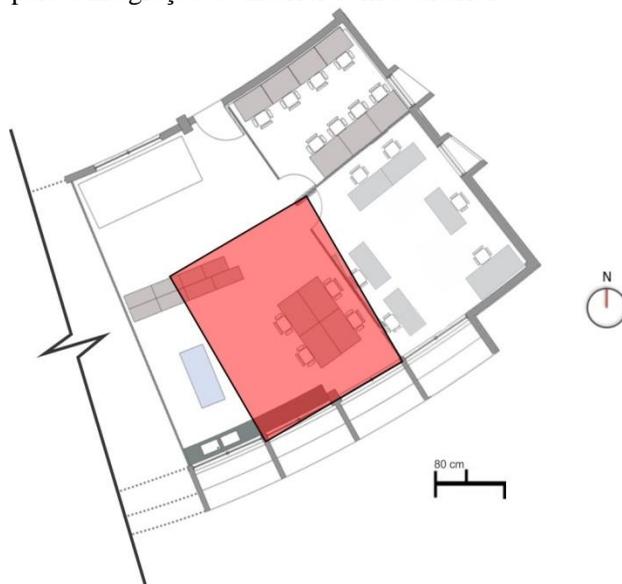
#### **3.6.1 O ambiente de estudo**

Foi confeccionado um modelo reduzido, na escala 1:7,5 (um metro para cada sete metros e meio), de um ambiente base com 6,00 metros de profundidade, 4,60 metros de largura e um pé-direito de 3,25 metros. Esse ambiente possuía apenas uma abertura lateral em uma das fachadas, que possuía 4,40 metros de largura e 2,00 metros de altura, e se encontrava a 1,00 metro de altura do piso. Como pode-se ver na Figura 42.



**Figura 42:** Ambiente confeccionado em escala reduzida (s/escala).

As dimensões determinadas para a confecção do modelo físico, foram inspiradas nas proporções existentes no projeto da sala do LabCon-UFSC (Figura 43), com a intenção de se reproduzir aproximadamente a geometria de um ambiente real. Com isso, para o dimensionamento da abertura lateral, após ter sido determinado um peitoril base de 1,00 metro, foi aproveitada toda a área da parede restante para a integração do interior com o exterior.



**Figura 43:** Imagem LabCon-UFSC com demarcação, em vermelho, da área que inspirou o modelo físico.

O interior do modelo em escala reduzida foi pintado na cor preta, como tentativa de se reduzir ao mínimo as inter-reflexões da luz dentro do ambiente (Figura 44), criando assim um ambiente base para a realização da análise comparativa do efeito da luz ao passar pelas diferentes especificações arquitetônicas estudadas e ao incidir diretamente nos pontos analisados.



**Figura 44:** Imagem do interior do modelo físico.

É importante mencionar que durante a confecção do modelo em escala reduzida, o piso foi elevado 0,75 metros, onde foram posicionados os luxímetros (Figura 44), devido à facilidade para a montagem e desmontagem das fotocélulas no interior do ambiente.

Contudo, considerou-se que o efeito provocado por essa alteração na geometria do ambiente seria desconsiderado, visto que, assim como Souza (2004), esse trabalho também considerou que esse modelo físico pintado de preto possuía uma refletividade nula, também visando caracterizar que a luz que chega aos sensores, posicionados nos pontos de análise no interior desse ambiente, fosse proveniente apenas da componente celeste.

Na fachada oposta a que possuía uma abertura lateral, foi feita uma abertura a 2,00 metros de altura e centralizada a largura do modelo (Figura 45), que serviu para a captura das imagens representando a insolação no interior do ambiente a partir das três tipologias de fachada

analisadas. Essa abertura permaneceu fechada durante o processo de medição, sendo aberta somente após as medições de cada tipologia de fachada para a captura da imagem da insolação no ambiente interno, proveniente das diferentes tipologias estudadas.



**Figura 45:** Imagem da fachada sul com a abertura para a máquina fotográfica com a lente 180°.

### 3.6.2 As tipologias de fachada

De acordo com Fiuza (2008), dependendo das características do protetor solar, uma mudança na sua refletância pode representar uma diferença de mais de 40% com relação ao fluxo total incidente no ambiente. Sabendo-se disso, para a verificação da diferença na quantidade de luz natural que passa para o interior do ambiente, os estudos foram realizados com três tipologias diferentes de fachada. As composições de fachada estudadas foram:

- **Primeira tipologia de fachada** – denominada como modelo base, consta da fachada sem nenhuma proteção solar, permitindo que a luz natural incida diretamente no ambiente (Figura 46).



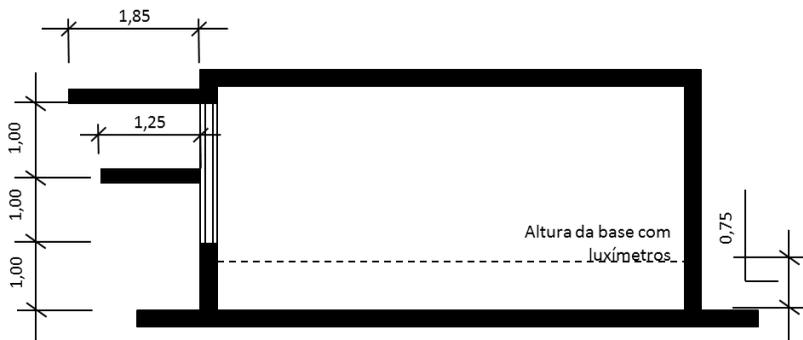
**Figura 46:** Modelo base de fachada, sem nenhum protetor solar

- **Segunda tipologia de fachada** – denominada como modelo com obstrução bloqueadora na cor preta, consta de dois protetores horizontais pintados na cor preta, para evitar reflexões da luz natural no protetor, calculados para bloquear o sol do meio dia (Figura 47).



**Figura 47:** Modelo de fachada com obstrução bloqueadora na cor preta.

Os dois protetores possuem diferentes dimensões, tendo o superior 1,85 metros de profundidade e 4,80 metros de largura, e o inferior 1,25 metros de profundidade e 4,80 metros de largura, como pode-se verificar na Figura 48.



**Figura 48:** Corte longitudinal AA- Esquema das dimensões dos protetores (sem escala ).

- **Terceira tipologia de fachada** – denominada como modelo com obstrução bloqueadora vegetal, consta de dois protetores vegetais posicionados no sentido vertical possuindo as mesmas dimensões de profundidade e largura que os protetores da segunda tipologia (Figura 49).



**Figura 49:** Modelo de fachada com obstrução bloqueadora vegetal.

Para esses protetores, devido à dificuldade de se trabalhar com espécimes naturais, optou-se por utilizar uma vegetação artificial. Essa opção se deu devido ao fato de que as medições eram realizadas de acordo com as condições do tempo, impossibilitando assim o uso da vegetação natural, pois ela não possuía uma grande durabilidade, já que secavam rapidamente, quebrando os galhos e perdendo assim suas características físicas. Sendo assim, foi realizada uma análise mais qualitativa, com um material artificial que, dentre os encontrados, mais se assemelhava ao natural e que ao mesmo tempo estivesse em uma escala coerente com a escala do modelo físico confeccionado, viabilizando o trabalho de medição ao longo do tempo.

Essas espécies artificiais utilizadas simulavam, na escala do modelo físico, o tamanho de uma Parreira (*Vitis sp.*), e possuíam três colorações distintas, Figura 50. Elas foram previamente analisadas quanto ao seu aspecto de naturalidade, apresentando um comportamento semelhante ao de uma vegetação natural.

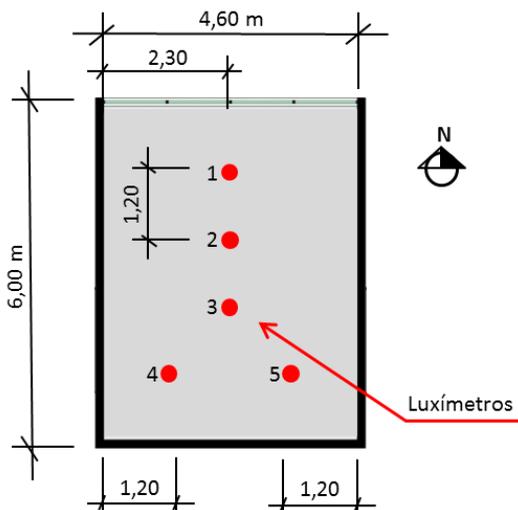


**Figura 50:** Espécies vegetais artificiais, utilizadas no modelo com obstrução bloqueadora vegetal.

### 3.6.3 O processo de medição

Para as medições de iluminância foram posicionados cinco luxímetros no interior do ambiente (Figura 51), sendo três luxímetros no eixo central da largura do modelo e dois a 1,20 metros das paredes

laterais. Todos os luxímetros estavam com 1,20 metros de distância entre si. Para a realização das medições foram posicionados luxímetros a uma altura de 0,75m do piso (plano de trabalho), e numeradas as posições de cada um deles, para facilitar a análise dos resultados.



**Figura 51:** Esquema demonstrando posição dos luxímetros e os pontos de medição das iluminâncias no interior do ambiente (s/escala).

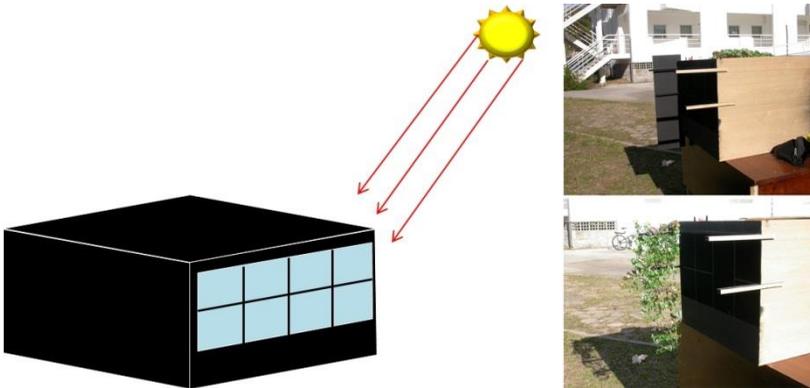
Para a realização das medições, o modelo físico confeccionado em escala reduzida foi posicionado no lado externo do prédio da ARQ-UFSC, sobre uma parte do terreno coberta por uma gramínea, e com uma paisagem de grande proporção de vegetação, como pode-se ver na Figura 52.



**Figura 52:** Entorno da localização do modelo confeccionado durante as medições de iluminância interna.

Foram realizados dois experimentos distintos, onde primeiramente foi posicionado o modelo físico com a fachada com a abertura lateral voltada para Norte. Nesse experimento foram realizadas três medições, cada uma com uma tipologia de fachada distinta. Os valores levantados em cada medição foram comparados entre si, possibilitando a verificação do comportamento das três tipologias de fachada estudada na iluminância medida no ambiente interno.

Em seguida, o modelo físico, com a tipologia de fachada base, foi posicionado com a abertura lateral na perpendicular da direção do Sol. Essas medições tiveram como intenção verificar a capacidade de reflexão dos elementos utilizados como protetores solares. Para isso, esses elementos foram dispostos formando um ângulo de 90° com a abertura na fachada, com a intenção de refletir a luz do Sol que nelas chegavam, como representado na Figura 53. Para essas medições só foram levados em consideração os modelos com obstrução bloqueadora vegetal e com obstrução bloqueadora na cor preta, sendo realizadas somente duas medições para esse experimento.



**Figura 53:** Croqui esquemático demonstrando a posição da maquete e fotos das barreiras analisadas.

Em todas as medições realizadas, seguiu-se um roteiro onde primeiramente foram medidas as iluminâncias nos cinco pontos do ambiente interno com o modelo de fachada com obstrução bloqueadora vegetal, devido a sua montagem demorar um pouco mais do que as dos demais modelos, em seguida foram medidas as iluminâncias com o modelo com obstrução bloqueadora na cor preta e, finalmente, com o modelo base.

Para os dois experimentos, foram realizados 05 grupos de medições, onde um grupo de medição se refere a três medições do primeiro experimento e duas medições do segundo experimento. Cada grupo de medição foi realizado em diferentes dias e diferentes horários, isso porque a intenção era entender o impacto das diferentes tipologias de fachada na iluminação interna de um ambiente, ao longo do dia.

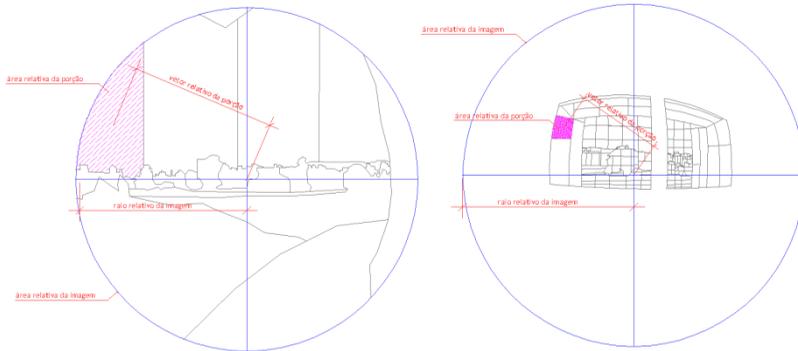
Então, com base nos dados levantados, foi realizada a análise comparativa dos valores de iluminância levantados no ambiente interno, a partir dos dois experimentos realizados. Através dessas análises foi possível identificar a influência que uma massa vegetal aplicada à fachada possui na iluminação de um ambiente interno.

### **3.7 TRATAMENTO DOS DADOS**

#### **3.7.1 Cálculo da contribuição do entorno na iluminância do ponto de análise**

Na primeira e na segunda etapa da metodologia foram utilizadas equações para o cálculo da iluminância encontrada no entorno. Para isso, foram utilizadas as fotografias obtidas com a lente “olho de peixe”, visto que a imagem gerada através dessas lentes nos fornece uma escala equidistante, representando assim o ângulo sólido.

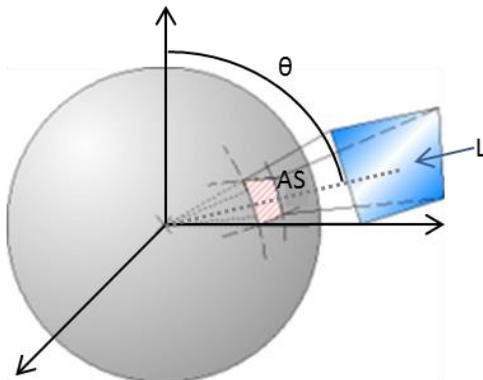
Sendo assim, a partir dessas imagens, foram levantadas as áreas relativas de cada porção analisada, juntamente com a área relativa total das imagens, verificando, em seguida, o raio do plano visual e o vetor do centro do plano visual até o centro de cada porção analisada, Figura 54. Deve-se lembrar que, os valores relativos às áreas e aos raios utilizados nos cálculos, foram levantados através de uma imagem fotográfica, não correspondendo assim a uma medida em metros e sim a valores relativos as proporções dessas imagens.



**Figura 54:** Imagens dos planos visuais com as marcações das áreas relativas e a indicação dos raios, referentes a primeira e segunda etapa, respectivamente.

Para analisar a influência das luminâncias provenientes do entorno na iluminação do ponto escolhido, será necessário um conhecimento prévio da luminância de cada uma das áreas relativas desse entorno seccionada anteriormente, juntamente com o conhecimento da iluminância no ponto de análise e do ângulo sólido de cada área relativa da porção.

O ângulo sólido sintetiza a distância do plano visual, a área relativa dos planos e o seu ângulo com a normal, e também uma porção do espaço desobstruído na direção da abóbada (Figura 55). Com essas informações será possível verificar a contribuição de cada área relativa da porção analisada na iluminância medida no ponto de análise.



**Figura 55:** Representação do cálculo do ângulo sólido em relação a uma abertura.

Para a análise da luminância, de cada uma das áreas relativas da porção, na iluminação do ponto escolhido, será aplicada a equação 1:

$$E = |AS * \cos\theta * L| \quad [\text{Eq. 1}]$$

Onde:

E = iluminância (lux)

A S = ângulo sólido (esterradiano)

Cos $\theta$  = cosseno diretor (adimensional)

L = luminância (cd/m<sup>2</sup>)

No entanto, para que seja possível a aplicação dessa equação, é necessária à obtenção do ângulo sólido e do ângulo de correção do cosseno de cada uma dessas áreas relativas da porção. Sendo assim, através dos valores das áreas relativas totais e dos raios dessas áreas, primeiramente foram obtidos os ângulos sólidos, de cada área relativa da porção, através da equação 2:

$$\frac{S}{S_T} = \frac{A S}{2\pi} \quad [\text{Eq. 2}]$$

Onde:

A S = ângulo sólido (esterradiano)

S = área relativa da porção analisada (sem unidade)

S<sub>T</sub> = área total relativa do plano visual (sem unidade)

E em seguida, foi calculado o ângulo de correção do cosseno através da equação 3:

$$\frac{R'}{R} = \frac{\theta}{90^\circ} \quad [\text{Eq. 3}]$$

Onde:

R' = vetor do centro do plano visual até o centro da área analisada (sem unidade)

R = raio do plano visual (sem unidade)

$\theta$  = ângulo de correção do cosseno

Como pôde perceber-se, para se determinar a contribuição da luminância do entorno na iluminância de um ponto, foi necessário utilizar os resultados do cálculo do ângulo sólido e do ângulo de correção do cosseno, juntamente com a média de luminância existente na área de análise. A Tabela 3 apresenta o modelo da tabela onde foram empregados esses dados, para gerar a informação da iluminância de cada área relativa da porção.

**Tabela 3:** Modelo da tabela de aplicação dos cálculos

Áreas de análise	Média das luminâncias (L) - lux	Área relativa total (St)	Área relativa da porção (S)	Ângulo Sólido (S.A)	Raio do plano (R)	Vetor da área analisada (R')	Ângulo de correção do cosseno ( $\theta$ )	cos $\theta$	Iluminância (E) - cd/m <sup>2</sup>
1	471,80	3,5255	0,0105	<b>0,0187</b>	1,0593	0,5228	<b>44,41801</b>	0,71425	<b>6,31</b>
2	739,00	3,5255	0,0038	<b>0,0068</b>	1,0593	0,5887	<b>50,01699</b>	0,64256	<b>3,22</b>
3	796,30	3,5255	0,0037	<b>0,0066</b>	1,0593	0,5708	<b>48,49618</b>	0,66267	<b>3,48</b>
4	766,40	3,5255	0,0073	<b>0,0130</b>	1,0593	0,5328	<b>45,26763</b>	0,70380	<b>7,02</b>
5	910,20	3,5255	0,0090	<b>0,0160</b>	1,0593	0,4881	<b>41,46984</b>	0,74930	<b>10,94</b>

Após obter-se a contribuição na iluminância de cada área relativa da porção, serão somadas as contribuições na iluminâncias dessas áreas de acordo com o elemento visualizado em cada uma dessas porções. Com isso, na primeira etapa da metodologia pode-se verificar a contribuição na iluminância das massas de vegetação presentes em uma paisagem. E na segunda etapa da metodologia, verificou-se a influência da vegetação, assim como a influência dos demais elementos presentes no entorno, na iluminância do ponto de análise no interior do ambiente.

### 3.7.2 Estimativa de contribuição de uma paisagem em um ponto no ambiente externo

Na primeira etapa foi analisada a contribuição da luminância da paisagem para a iluminância de um ponto. Essa análise foi realizada como um processo de familiarização desse fenômeno, onde foi verificada a luminância dos diferentes elementos presentes na paisagem estudada, calculada a iluminância de cada um desses elementos, através da sua área relativa, e finalmente analisada a contribuição da paisagem

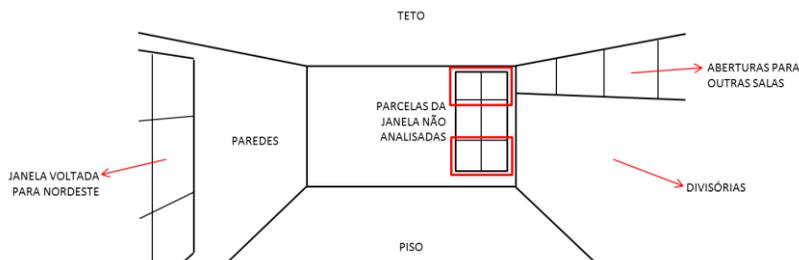
separando os elementos do céu e do restante da paisagem, isto é, analisou-se separadamente a componente celeste (abóbada celeste), da componente refletida externa (edificado, piso e vegetação).



**Figura 56:** Plano vertical visualizado a partir do ponto de análise.

### 3.7.3 Análise da contribuição do entorno na iluminância do ponto no ambiente interno

Na segunda etapa da metodologia, onde foi analisada a influência do entorno na iluminância de um ponto em um ambiente interno, não foi possível realizar um estudo isolado da parcela da janela analisada. Isto é, devido a ser um ambiente real, outros elementos presentes naquele ambiente também tiveram influência na iluminância do ponto de análise, Figura 57.



**Figura 57:** Esquema de alguns elementos da sala que também influenciam na iluminância do ponto de análise.

Devido a impossibilidade de se anular as características refletivas das paredes, mobiliário, piso e teto, além das demais aberturas, como a janela voltada para Nordeste e as janelas superiores voltadas para as demais salas do LabCon-UFSC, esses elementos foram considerados nos valores levantados. Sendo assim, os demais elementos presentes naquele espaço e características físicas do ambiente, foram tratados neste estudo como “outros” (Tabela 4), referenciando todos os elementos não estudados que também interferem na iluminância interna do ponto de análise.

**Tabela 4:** Modelo de análise dos elementos que influenciam na iluminância do ponto

Áreas de análise	Iluminâncias (lux)	Influência na iluminação (%)
Ponto no interior da sala	X	100%
Parcela da Janela	Y	Z %
Outros	X - Y	100 - Z %

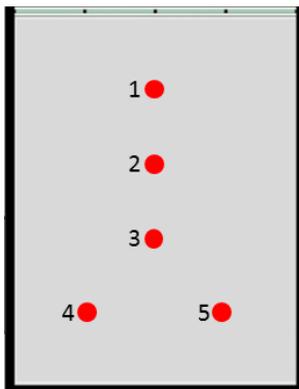
### 3.7.4 Influência da vegetação como componente da arquitetura do edifício, para a iluminação do espaço interno

Com a maquete confeccionada de acordo com os parâmetros descritos na metodologia, item 3.6.1, foram realizadas as medições de iluminância no interior da maquete, com a fachada com abertura lateral voltada para Norte e, em seguida, com a mesma fachada voltada para a direção transversal a direção do Sol. A Figura 58 mostra a localização da maquete com relação ao entorno.



**Figura 58:** Localização da maquete e seu entorno e tipo de céu existente durante as medições.

As medições de iluminância no interior da maquete foram realizadas nos pontos descritos na metodologia, como mostra a Figura 59.



**Figura 59:** Esquema da maquete com os pontos para medição da iluminância.

Os dados levantados durante os 05 grupos de medições realizadas, foram tratados da seguinte maneira:

- Primeiramente foram analisados os valores de iluminância medidos no exterior, com o luxímetro posicionado sobre a maquete (Figura 60). Ela foi medida no início e no final de cada grupo de medição, e para a análise dos resultados foi utilizada a média dessas iluminâncias.



**Figura 60:** Imagem mostrando o posicionamento do luxímetro para a medição da iluminância externa.

- Em um segundo momento foram analisados os valores de iluminância com a fachada com abertura lateral do modelo físico voltada para Norte. Esses valores de iluminância foram inseridos na Tabela 5 e Tabela 6, para posteriormente serem gerados gráficos para uma análise dessas iluminâncias.

**Tabela 5:** Modelo de tabela para análise das iluminâncias nos pontos, com a fachada voltada para Norte.

Pontos medidos	Iluminâncias medidas no interior da maquete com os diferentes modelos de fachada (lux)		
	modelo base	modelo com obstrução bloqueadora na cor preta	modelo com obstrução bloqueadora vegetal
1	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00

**Tabela 6:** Modelo de tabela para análise das iluminâncias nos pontos, com a fachada com modelo base no sentido transversal à direção do Sol.

Pontos medidos	Iluminâncias medidas no interior da maquete com fachada modelo base (lux)	
	barreira lateral com obstrução bloqueadora na cor preta	barreira lateral com obstrução bloqueadora vegetal
1	0,00	0,00
2	0,00	0,00
3	0,00	0,00
4	0,00	0,00
5	0,00	0,00

### 3.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA

Os três estudos de caso realizados servirão para um melhor conhecimento a cerca das características luminosas de uma vegetação, e seu potencial como elemento bloqueador e condutor (refletindo e transmitindo) da luz natural.

Na primeira etapa verificou-se o brilho de massas vegetais, fazendo uma distinção entre vegetação clara e vegetação escura. Após o levantamento das luminâncias de todas as superfícies visualizadas na paisagem estudada, foi verificada a proporção das áreas relativas de cada uma dessas superfícies e verificada a iluminância presente em cada uma delas.

Já a segunda etapa serviu para um conhecimento acerca da capacidade de influência que uma massa de vegetação do entorno possui na iluminação de um ponto escolhido em um ambiente interno. Para isso, foram levantadas as luminâncias do entorno e calculada a iluminância provocada por ele, de maneira a poder-se determinar a iluminância proveniente da paisagem vegetal no ponto escolhido.

Finalmente, na terceira etapa foi confeccionado um modelo em escala reduzida com apenas uma abertura lateral, e a partir dele foram realizados dois experimentos para a análise das iluminâncias do ambiente interno sob três tipologias de fachada distintas. Essa diferença na morfologia da fachada se fez necessária para que fosse possível fazer uma comparação do comportamento da luz natural ao penetrar no ambiente nas circunstâncias estudadas.

Com isto, através da comparação entre o modelo com obstrução bloqueadora na cor preta e o modelo com obstrução bloqueadora vegetal, foi possível interpretar o quanto, no ambiente, o modelo vegetal “devolve” da luz que foi retirada pelo modelo na cor preta. E ao comparar os três modelos de fachada verificou-se a qualidade do modelo com obstrução bloqueadora vegetal.



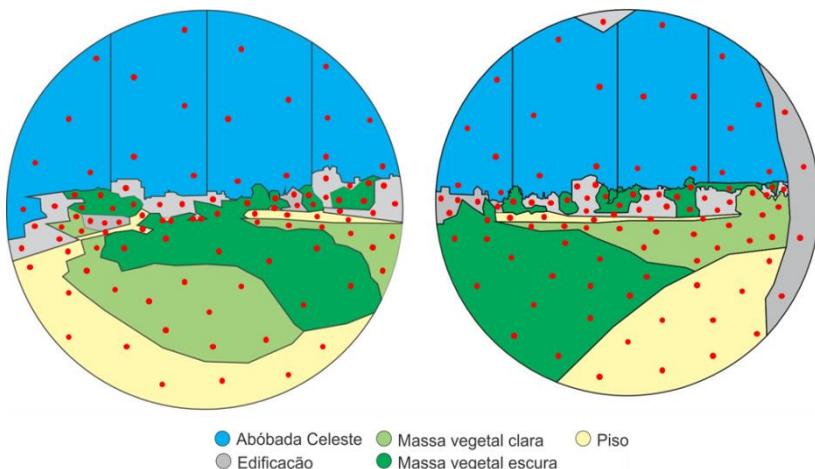
## **4. RESULTADOS**

Nesse capítulo serão apresentados os resultados obtidos através das medições realizadas, baseadas na metodologia apresentada. Ele será dividido de acordo com os estudos de caso realizados, onde primeiramente serão apresentados os resultados individuais de cada etapa metodológica, apresentando todas as medições realizadas. Em seguida, serão analisados os resultados compilados das medições de luminância da paisagem externa, da luminância e iluminância do entorno visualizado através de uma parcela da janela a partir do ponto escolhido no ambiente e sua influência na iluminação interna e, finalmente, a análise das iluminâncias do ambiente interno do modelo físico confeccionado, comparando os números levantados com cada uma das três tipologias de fachada.

### **4.1 ESTIMATIVA DE CONTRIBUIÇÃO DE UMA PAISAGEM EM UM PONTO NO AMBIENTE EXTERNO**

Nessa etapa do estudo verificou-se a contribuição luminosa de uma paisagem externa, de acordo com os elementos presentes nessa paisagem.

As medições da paisagem foram realizadas a partir do ponto de análise determinado e de acordo com os planos definidos nas duas imagens fotográficas geradas, que foram analisadas separadamente. Para cada imagem foi separada a porção de cada plano existente na paisagem e definidos os planos de análise, em seguida foi determinado o número de pontos a serem medidos em cada um desses planos, Figura 61.



**Figura 61:** Pontos medidos nos planos de análise da Imagem 1 e da Imagem 2, respectivamente

Primeiramente, a partir das delimitações desses planos de análise, foram levantadas as áreas relativas de cada um desses planos, fazendo uma proporção com a área relativa total das imagens. O objetivo foi determinar as proporções dos hemisférios de visão ocupadas por cada tipo de elementos.

Em seguida, foram levantadas as luminâncias de cada ponto determinado na paisagem e calculada as iluminâncias de cada plano de análise. As luminâncias foram levantadas sob diferentes condições de céu, em diferentes dias e horários, onde foram medidos diversos pontos para cada porção da paisagem urbana analisada (piso, vegetação e edificação), juntamente com a abóbada celeste.

#### 4.1.1 Resultados das medições

As tabelas abaixo se referem às medições realizadas na paisagem externa. Elas apresentam as médias dos pontos onde foram medidas as luminâncias nos planos analisados, identificando também as proporções de áreas relativas e as iluminâncias calculadas para cada plano de análise (massa vegetal clara, massa vegetal escura, abóbada celeste, piso e edificação).

**Tabela 7:** Medição do dia 28 de Maio às 12:15h.

Imagem 1	Percentual de áreas	Luminância (cd/m <sup>2</sup> )	Iluminância (lux)
Abóbada Celeste	43,89%	20.171,80	6.554,28
Edificação	6,25%	9.221,17	258,87
Massa vegetal escura	16,73%	1.237,04	260,62
Massa vegetal clara	16,63%	1.976,44	449,15
Solo	16,51%	4.951,49	298,43
Imagem 2	Percentual de áreas	Luminância (cd/m <sup>2</sup> )	Iluminância (lux)
Abóbada Celeste	42,13%	26.149,00	9.501,22
Edificação	10,65%	11.505,91	359,86
Massa vegetal escura	22,85%	1.419,04	262,99
Massa vegetal clara	7,78%	619,55	226,63
Solo	16,60%	2.700,45	635,82
Paisagem Total	100,00%	-	-
Ponto de análise	-	-	20.600,00
<b>OBS.:</b> Céu completamente nublado e sem Sol, Figura 62.			

**Figura 62:** Imagem do céu durante a primeira medição

A Tabela 7 e a Figura 62 representam as condições existentes na paisagem na primeira medição, que verificou os níveis de luminância da paisagem, a iluminância no ponto de análise e as iluminâncias calculadas para cada elemento que compõem a paisagem externa. Já a

Tabela 8 e a Figura 63, representam as condições presentes durante a segunda medição realizada.

**Tabela 8:** Medição do dia 29 de Maio às 09:15h.

Imagem 1	Percentual de áreas	Luminância (cd/m <sup>2</sup> )	Iluminância (lux)
Abóbada Celeste	43,89%	49.897,60	22.600,89
Edificação	6,25%	8.224,04	223,20
Massa vegetal escura	16,73%	865,85	199,54
Massa vegetal clara	16,63%	2.017,14	493,26
Solo	16,51%	2.441,61	164,32
Imagem 2	Percentual de áreas	Luminância (cd/m <sup>2</sup> )	Iluminância (lux)
Abóbada Celeste	42,13%	22.648,00	7.521,63
Edificação	10,65%	36.420,85	772,62
Massa vegetal escura	22,85%	2.519,65	518,75
Massa vegetal clara	7,78%	1.422,41	520,32
Solo	16,60%	3.907,28	1.017,19
Paisagem Total	100,00%	-	-
Ponto de análise	-	-	26.000,00
<b>OBS.:</b> Céu parcialmente nublado e com Sol, Figura 63.			



**Figura 63:** Imagem do céu no durante a segunda medição

E, finalmente, na Tabela 9 encontram-se os dados da terceira medição da paisagem, com a Figura 64 apresentando a condição de céu limpo, mas com algumas nuvens, presente durante o período da medição. É importante lembrar também que, a Figura 62, a Figura 63 e a Figura 64, representam a paisagem total analisada, representando a imagem 1 e imagem 2, como informado na metodologia (item 3.4).

**Tabela 9:** Medição do dia 30 de Maio às 16:10h.

Imagem 1	Percentual de áreas	Luminância (cd/m <sup>2</sup> )	Iluminância (lux)
Abóbada Celeste	43,89%	24.241,60	7.718,63
Edificação	6,25%	9.738,04	207,91
Massa vegetal escura	16,73%	1.573,56	287,50
Massa vegetal clara	16,63%	1.622,91	368,98
Solo	16,51%	1.384,21	151,82
Imagem 2	Percentual de áreas	Luminância (cd/m <sup>2</sup> )	Iluminância (lux)
Abóbada Celeste	42,13%	11.179,00	3.864,98
Edificação	10,65%	15.276,63	987,20
Massa vegetal escura	22,85%	2.192,95	362,04
Massa vegetal clara	7,78%	964,14	352,68
Solo	16,60%	1.338,40	359,14
Paisagem Total	100,00%	-	-
Ponto de análise	-	-	7.000,00
<b>OBS.:</b> Céu limpo e com Sol, Figura 64.			

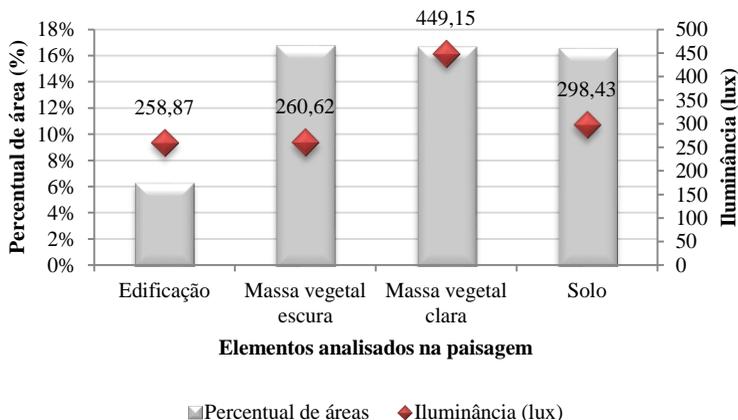


**Figura 64:** Imagem do céu no durante a terceira medição

Com base nas tabelas acima, foram gerados gráficos representando a luminância e a iluminância de cada superfície, correlacionando-as com a proporção da área relativa de cada plano de análise. Os gráficos gerados comparavam os valores encontrados durante as três medições realizadas.

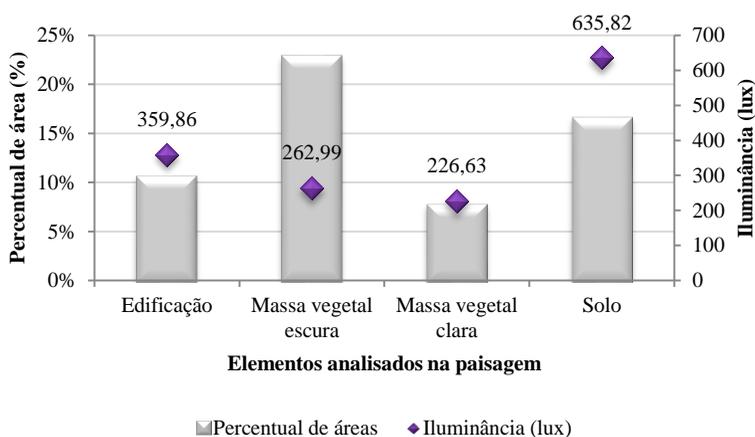
Os gráficos abaixo apresentam no eixo da esquerda a proporção de área relativa de cada elemento da paisagem e no eixo da direita os valores de iluminância encontrados em cada uma das porções de área relativa analisadas. Eles serão exibidos analisando, separadamente, a Imagem 1 e a Imagem 2, assim como as três medições realizadas.

O Gráfico 1 e o Gráfico 3 representam a paisagem da Imagem 1, e o Gráfico 2 e Gráfico 4 representam a paisagem da Imagem 2. Neles são apresentados os percentuais das áreas relativas e os valores de iluminância calculados a partir das luminâncias levantadas na medição do dia 28 de Maio, às 12 horas e 15 minutos.



**Gráfico 1:** Medição do dia 28/05. Percentual de área x Iluminância provocada pela CRE da Imagem 1.

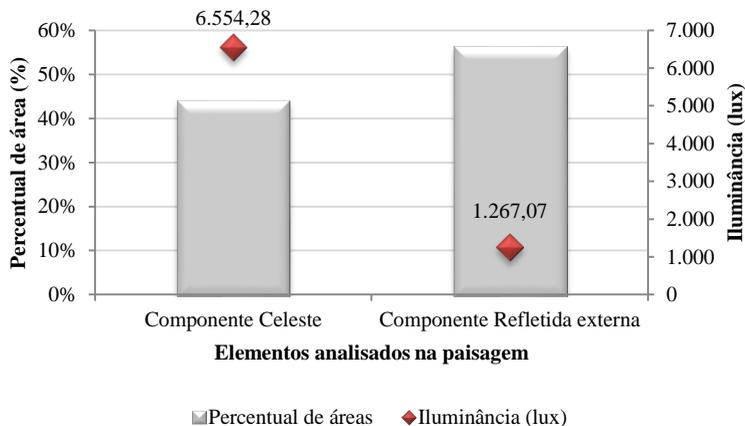
Analisando o Gráfico 1 percebe-se que apesar da edificação possuir a menor proporção de área relativa (6,25%) e o menor valor de iluminância (258,87 lux), sua iluminância não é muito inferior que a da massa vegetal escura, com 260,62 lux e 16,73% de área relativa da imagem. Quanto à massa vegetal clara, apesar de possuir uma proporção de área relativa da paisagem equiparada as da massa vegetal escura e do solo (16,63%, 16,73% e 16,51%, respectivamente), sua iluminância é superior chegando próximo aos 500 lux, enquanto os outros dois elementos não chegam a 300 lux.



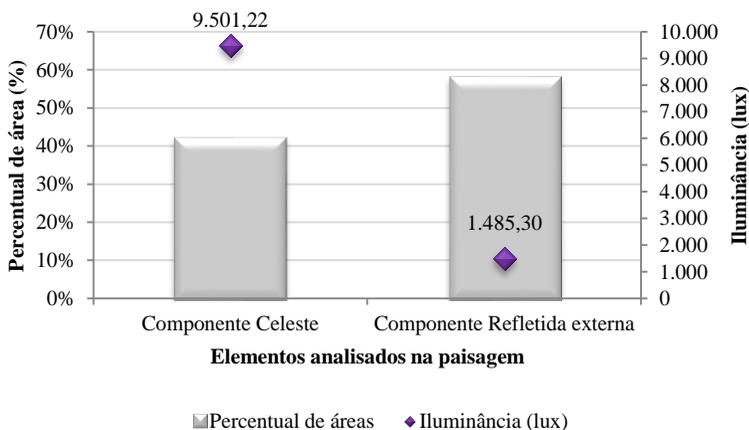
**Gráfico 2:** Medição do dia 28/05. Percentual de área x Iluminância provocada pela CRE da Imagem 2.

No Gráfico 2 a massa vegetal escura representa o segundo elemento com maior proporção de área da imagem, já a massa vegetal clara possui a menor proporção. No entanto, a iluminância provocada por esses dois elementos foi parecida, com uma diferença de somente 36,36 lux.

Ao comparar os resultados apresentados no Gráfico 1 e no Gráfico 2, verifica-se que, apesar da proporção da área relativa do solo ser muito próxima quando comparamos as duas Imagens, a iluminância provocada por esse elemento na Imagem 2 (635,82 lux) representa mais do que o dobro da iluminância provocada na Imagem 1 (298,43 lux).



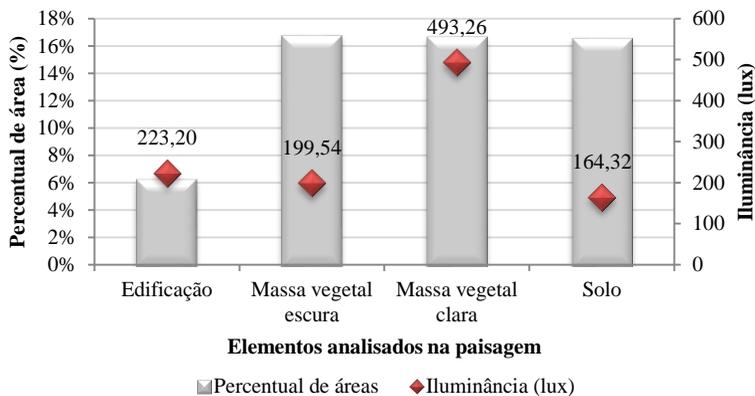
**Gráfico 3:** Medição do dia 28/05. Percentual de área x Iluminância provocada pela CC da Imagem 1.



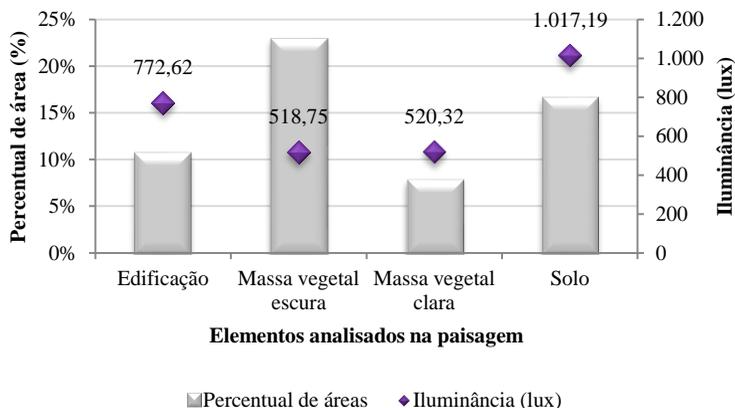
**Gráfico 4:** Medição do dia 28/05. Percentual de área x Iluminância provocada pela CC da Imagem 2.

No Gráfico 3 e no Gráfico 4 verificou-se que a iluminância provocada pela abóbada celeste é muito superior as iluminâncias provocadas pelos outros elementos da paisagem, e seu percentual de área relativa da imagem representa quase metade da área total da imagem, na Imagem 1 e na Imagem 2.

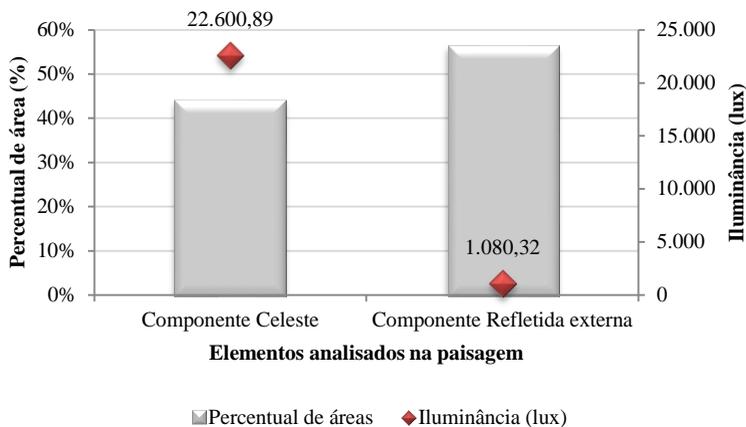
O Gráfico 5 e o Gráfico 6 representam os resultados da Imagem 1 e da Imagem 2 dos elementos participantes da componente refletida externa, e o Gráfico 7 e Gráfico 8 representam a componente celeste. Todos os dados apresentados foram resultados dos valores levantados durante a medição do dia 29 de Maio, às 9 horas e 15 minutos.



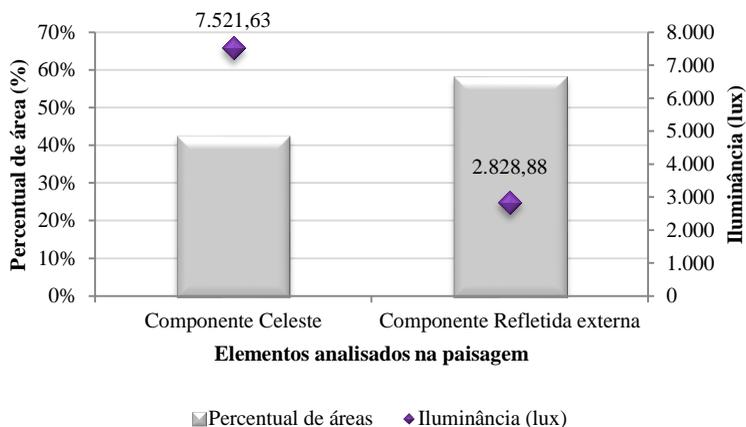
**Gráfico 5:** Medição do dia 29/05. Percentual de área x Iluminância provocada pela CRE da Imagem 1.



**Gráfico 6:** Medição do dia 29/05. Percentual de área x Iluminância provocada pela CRE da Imagem 2.



**Gráfico 7:** Medição do dia 29/05. Percentual de área x Iluminância provocada pela CC da Imagem 1.



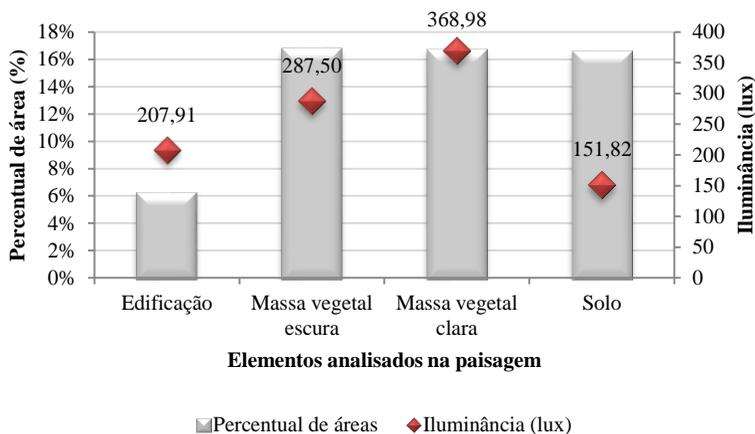
**Gráfico 8:** Medição do dia 29/05. Percentual de área x Iluminância provocada pela CC da Imagem 2.

No Gráfico 7, percebe-se que a iluminância provocada pela abóbada celeste é muito alta, com 22.600,89 lux. Esse fenômeno se dá devido à localização do Sol durante a medição (Figura 63), o que também influenciou no valor de iluminância provocada pela massa

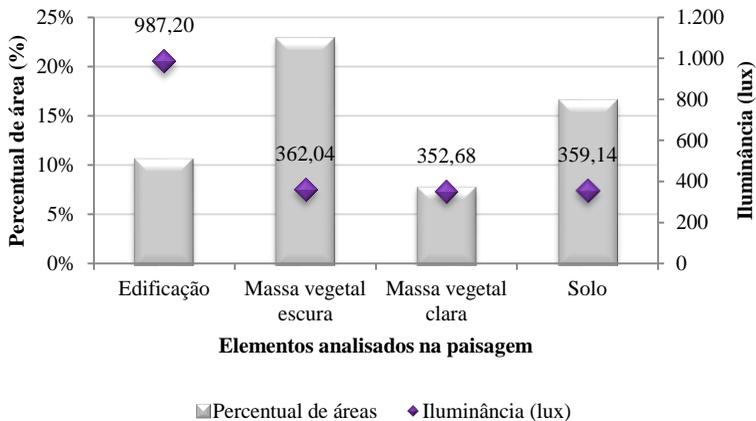
vegetal clara (493,26 lux), que foi o segundo elemento com maior nível de iluminância. Vale ressaltar que, no Gráfico 5, apesar da edificação ter sido o elemento com o terceiro maior nível de iluminância (223,20 lux), ele possui a menor proporção de área relativa da imagem.

No Gráfico 6 pode-se verificar que, mesmo a massa vegetal escura possuindo um percentual de área relativa da imagem bem superior a dos demais elementos da paisagem, com exceção da abóbada celeste (Gráfico 8), a iluminância provocada por ela foi a menor calculada (518,75 lux) o que se mostra relevante quando comparamos com a massa vegetação clara, a edificação e o solo (520,32 lux, 772,62 lux e 1017,19 lux, respectivamente).

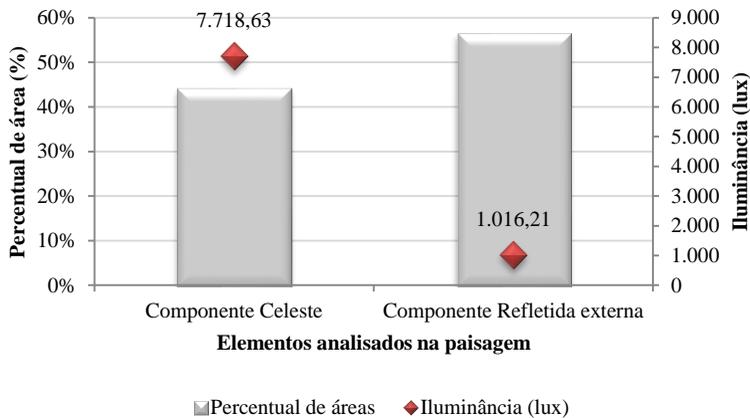
E, finalmente, do Gráfico 9 ao Gráfico 12 estão apresentados os resultados da Imagem 1 e da Imagem 2 na medição do dia 30 de Maio, às 16 horas e 10 minutos.



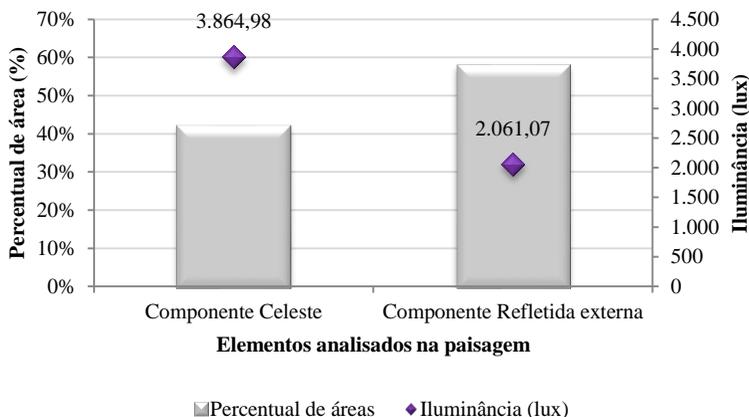
**Gráfico 9:** Medição do dia 30/05. Percentual de área x Iluminância provocada pela CRE da Imagem 1.



**Gráfico 10:** Medição do dia 30/05. Percentual de área x Iluminância provocada pela CRE da Imagem 2.



**Gráfico 11:** Medição do dia 30/05. Percentual de área x Iluminância provocada pela CC da Imagem 1.



**Gráfico 12:** Medição do dia 30/05. Percentual de área x Iluminância provocada pela CC da Imagem 2.

Em ambas as imagens, a abóbada celeste foi o elemento com a maior iluminância calculada. Porém, no Gráfico 9, dentre os demais elementos presentes na paisagem externa, a massa vegetal clara e a massa vegetal escura foram os que tiveram os maiores níveis de iluminância, com 368,98 lux e 287,50 lux (respectivamente), enquanto que, no Gráfico 10, foram a edificação e o solo, com 987,20 lux e 359,14 lux (respectivamente).

Através da análise dos gráficos acima, foi possível verificar que a iluminância provocada pela abóboda foi a maior em todas as medições realizadas na Imagem 1 e na Imagem 2, porém sua proporção de área relativa da imagem também eram superiores as dos demais elementos. Contudo, durante o processo de medição observou-se que, as iluminâncias provocadas pelos demais elementos presentes nas paisagens variavam de acordo com o tipo de céu e a posição do Sol (altura solar de acordo com os horários que as medições foram realizadas), que esta relacionada com a incidência do fluxo luminoso diretamente no elemento analisado.

#### 4.1.2 Análise dos resultados

Analisando os resultados desta etapa, verificou-se que nas medições realizadas existia uma diferença quando analisadas as

superfícies com maior nível de iluminância, sendo o único padrão encontrado o fato da abóbada celeste ser o elemento onde se verificou a maior iluminância provocada em todas as medições realizadas da Imagem 1 e da Imagem 2. Pode-se verificar também que as proporções de área relativa de cada elemento são mais desequilibradas na Imagem 2 do que na Imagem 1, sendo a abóbada celeste e o solo são os únicos elementos que possuem uma proporção de área relativa equiparada nas duas imagens.

Nas medições realizadas na Imagem 1, verificou-se também outro padrão nos níveis de iluminância calculados, onde a massa vegetal clara foi o segundo elemento a provocar maior iluminância durante as três medições realizadas. Vale salientar que esse não era o elemento que possuía o segundo maior percentual de área relativa da imagem.

Ao comparar os resultados obtidos nas duas imagens percebe-se que na imagem 2, durante a primeira medição, a massa vegetal clara obteve níveis mínimos de iluminância de 226,63 lux, enquanto durante a mesma medição na imagem 1, o nível de iluminância encontrado foi de 449,15 lux. Essa diferença existente durante a mesma medição encontra-se diretamente ligada com a posição do Sol e a localização das áreas de análise. A diferença na proporção das áreas relativas à massa vegetal clara, na Imagem 1 e na Imagem 2, não representa grande impacto nesses valores, visto que, nas demais medições os valores de iluminância calculados para esse elemento se mostraram mais equilibrados com 493,26 lux e 368,98 lux, na Imagem 1, e 226,63 lux e 352,68 lux, na Imagem 2.

A intensidade luminosa das superfícies externas encontra-se diretamente ligadas a luminância existente na abóbada celeste, e os gráficos demonstram que o céu limpo (sem nuvens) possui uma luminância inferior ao céu parcialmente nublado. Entretanto, deve-se informar que esses resultados podem variar se essas paisagens forem analisadas com outras condições de céu.

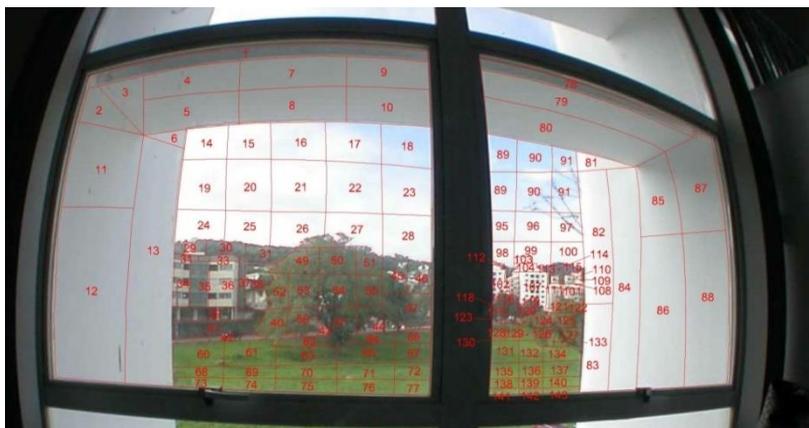
## 4.2 INFLUÊNCIA DO ENTORNO NA ILUMINÂNCIA DE UM PONTO EM UM AMBIENTE INTERNO

Na análise da influência da vegetação, presente no entorno, em um ponto do ambiente interno, verificou-se o impacto dos elementos do entorno visualizados através da parcela da janela estudada. As massas de vegetação foram analisadas de maneira geral, isto é, sem identificar as espécies vegetais encontradas naquela paisagem.

As medições foram realizadas nos meses de Julho, Agosto, Setembro e Outubro. Nos dias das medições as condições do céu foram parcialmente nublado e sem Sol, ou claro com poucas nuvens e com Sol. O dia, horário e condição do céu durante os dias de medição serão informados de maneira mais detalhada nas tabelas das medições.

Como foi explicado anteriormente, para esse estudo de caso, foi selecionado uma parcela da janela do ambiente interno representado por uma das salas do LabCon-UFSC, e a partir dela foi verificada a influência do entorno visualizado, através da mesma, na iluminância presente no ponto de análise.

Sendo assim, a partir das medidas de luminância levantadas nesse entorno analisado e de iluminância medidas no ponto de análise localizado no interior da sala, foi possível calcular as iluminâncias referentes a cada porção da paisagem seccionada (Figura 65).



**Figura 65:** Imagem da janela estudada com o entorno seccionado.

Durante as medições de luminância da paisagem vista através da janela, foi medida a iluminância do ponto de análise dentro da sala, com a fotocélula do luxímetro voltada para a janela. Em cada dia de medição, a iluminância foi medida em três momentos distintos: no início da medição, antes do início das medições de luminância do entorno, na metade do período de medição, antes do início da medição de luminância do ponto 132 (quando era alternada a porção da esquadria onde estavam sendo realizados os levantamentos), e no final da medição, após o término das medições de luminância do entorno.

Para essa análise, foram realizadas quatro medições, em quatro meses diferentes, seguindo a metodologia descrita no item 3.5. As tabelas abaixo apresentam os valores de iluminância, levantados através da média das iluminâncias medidas no ponto de análise e das iluminâncias calculadas do entorno, encontrando-se o percentual de influência da iluminância que chega através da parcela da janela estudada para o ponto de análise no ambiente interno, para cada medição realizada.

#### 4.2.1 Resultado das medições

Sendo assim, primeiramente serão apresentadas as medições de iluminância no ponto de análise, representando os três valores levantados e a média entre eles. Em seguida as tabelas das iluminâncias encontradas no ambiente (parcela da janela analisada, ponto de análise no ambiente interno e demais elementos que influenciaram na iluminância do ponto), fazendo uma relação com a proporção de influência na iluminância do ponto.

- Medição de iluminância no ponto de análise no dia 04 de Julho de 2012, às 16h25min. Condições do céu - Limpo com Sol.

**Tabela 10:** Medições de iluminância realizadas no ponto de análise durante a primeira medição.

<b>Medição</b>	<b>Horário das medições (hora e minuto)</b>	<b>Iluminância medida no ponto (lux)</b>
1º - antes da medição de luminância no ponto 1	15h44min	2400,00
2º - antes da medição de luminância no ponto 132	16h25min	1830,00
3º - depois da medição de luminância no ponto 231	17h05min	752, 00
<b>Média das iluminâncias medida no ponto no interior da sala</b>		<b>1660,67</b>

**Tabela 11:** Iluminâncias medida e calculada e influência na iluminação, primeira medição.

<b>Elementos analisados</b>	<b>Iluminâncias (lux)</b>	<b>Influência na iluminação</b>
Ponto de análise no interior da sala	2400,00	100%
Parcela da janela estudada	767,65	68,01%
"Outros"	1632,35	31,99%

- Medição de iluminância no ponto de análise no dia 10 de Agosto de 2012, às 15h28min. Condições do céu - parcialmente nublado e com Sol.

**Tabela 12:** Medições de iluminância realizadas no ponto de análise durante a segunda medição.

<b>Medição</b>	<b>Horário das medições (hora e minuto)</b>	<b>Iluminância medida no ponto (lux)</b>
1º - antes da medição de luminância no ponto 1	14h07min	3020,00
2º - antes da medição de luminância no ponto 132	14h59min	3540,00
3º - depois da medição de luminância no ponto 231	15h28min	3560,00
<b>Média das iluminâncias medida no ponto no interior da sala</b>		<b>3373,33</b>

**Tabela 13:** Iluminâncias medida e calculada e influência na iluminação, segunda medição.

<b>Elementos analisados</b>	<b>Iluminâncias (lux)</b>	<b>Influência na iluminação</b>
Ponto de análise no interior da sala	3373,33	100%
Parcela da janela estudada	1381,96	40,97%
"Outros"	1991,38	59,03%

- Medição de iluminância no ponto de análise no dia 24 de Setembro de 2012, às 11h17min. Condições do céu - parcialmente nublado e com Sol.

**Tabela 14:** Medições de iluminância realizadas no ponto de análise durante a terceira medição.

<b>Medição</b>	<b>Horário das medições (hora e minuto)</b>	<b>Iluminância medida no ponto (lux)</b>
1° - antes da medição de luminância no ponto 1	11h17min	6830,00
2° - antes da medição de luminância no ponto 132	11h57min	6670,00
3° - depois da medição de luminância no ponto 231	12h30min	6460,00
<b>Média das iluminâncias medida no ponto no interior da sala</b>		<b>6653,33</b>

**Tabela 15:** Iluminâncias medida e calculada e influência na iluminação, terceira medição.

<b>Elementos analisados</b>	<b>Iluminâncias (lux)</b>	<b>Influência na iluminação</b>
Ponto de análise no interior da sala	6653,33	100%
Parcela da janela estudada	2562,09	38,51%
"Outros"	4091,24	61,49%

- Medição de iluminância no ponto de análise no dia 02 de Outubro de 2012, às 15h15min. Condições do céu - parcialmente nublado e sem Sol.

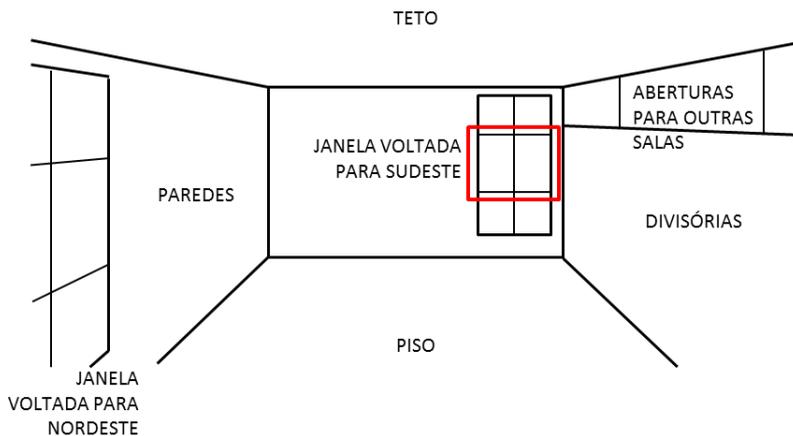
**Tabela 16:** Medições de iluminância realizadas no ponto de análise durante a quarta medição.

<b>Medição</b>	<b>Horário das medições (hora e minuto)</b>	<b>Iluminância medida no ponto (lux)</b>
1° - antes da medição de luminância no ponto 1	15h15min	3900,00
2° - antes da medição de luminância no ponto 132	15h40min	3500,00
3° - depois da medição de luminância no ponto 231	16h04min	3440,00
<b>Média das iluminâncias medida no ponto no interior da sala</b>		<b>3613,33</b>

**Tabela 17:** Iluminâncias medida e calculada e influência na iluminação, quarta medição.

Elementos analisados	Iluminâncias (lux)	Influência na iluminação
Ponto de análise no interior da sala	3613,33	100%
Parcela da janela estudada	1337,78	37,02%
"Outros"	2275,56	62,98%

Através das tabelas acima, pode-se verificar que a janela apresentou uma influência entre 31,99% e 40,97% na iluminância encontrada no ponto de análise. Ou seja, os elementos do entorno, vistos a partir da parcela da janela estudada (Figura 66), contribuirão com iluminâncias entre 765,65 lux e 2562,09 lux para a iluminação do ponto interno de análise.

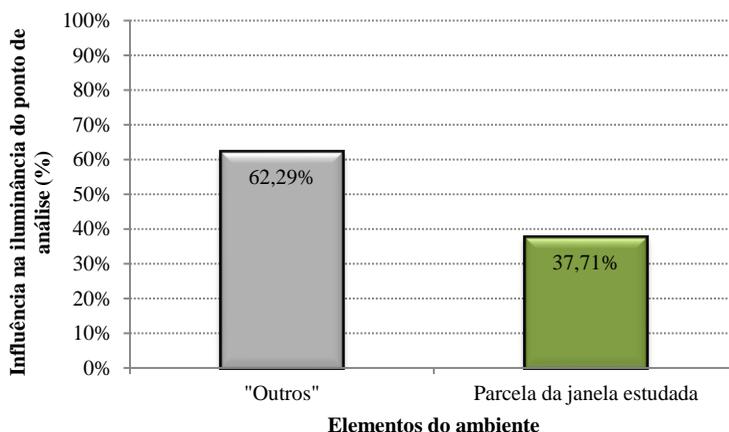


**Figura 66:** Croqui da sala do LabCon com a parcela da janela cujo entorno visualizado foi estudado, em destaque.

A diferença na iluminância levantada no ponto de análise, encontra-se relacionada à geometria e características físicas da sala e os

demais elementos presentes no ambiente, além das demais janelas existentes. Esse entorno do ponto de análise (piso, parede, teto, mobiliário e demais janelas) contribuiu, em média, com 2497,63 lux, e foram resultantes das inter-reflexões entre eles, juntamente com as iluminâncias provenientes das demais paisagens visualizadas através das outras janelas não analisadas, lembrando-se que durante as medições as luzes da sala permaneceram apagadas, a porta fechada e todas as persianas abertas.

O Gráfico 13 apresenta a média percentual da influência na iluminação do ponto de análise, encontrada através da iluminância levantada no ponto de análise, subtraída da parcela da janela analisada, onde foram aplicados os cálculos da área de influência na paisagem, verificando assim a iluminância proveniente da mesma.



**Gráfico 13:** Média das medições de influência na iluminância do ponto de análise no interior da sala.

Dentro da influência da parcela da janela estudada como contribuinte na iluminação do ambiente interno foi analisado separadamente cada plano representativo da paisagem, ponderando-se a proporção de cada um deles com a iluminância total vinda dessa janela.

As tabelas abaixo apresentam as análises de cada elemento presente na paisagem do entorno, analisadas separadamente. Sendo assim, foram expostas as iluminâncias totais e de cada elemento visualizado do entorno, calculadas a partir das luminâncias levantadas, e a proporção do percentual de influência que esses elementos

representam dentro da paisagem visualizada através dessa parcela da janela, separadas a partir das medições realizadas.

- Medição de iluminância no ponto de análise no dia 04 de Julho de 2012, às 16h25min. Condições do céu – Limpo e com Sol.

**Tabela 18:** Iluminâncias e percentual de influência, dados levantados dia 04/07/2012.

	<b>Iluminâncias (lux)</b>	<b>Percentual de influência</b>
<b>Parcela da Janela estudada</b>	<b>767,65</b>	<b>100,00%</b>
Protetor Solar	137,77	17,95%
Abóbada Celeste	382,46	49,82%
Edificação	174,58	22,74%
Vegetação	72,84	9,49%

- Medição de iluminância no ponto de análise no dia 10 de Agosto de 2012, às 15h28min. Condições do céu - parcialmente nublado e com Sol.

**Tabela 19:** Iluminâncias e percentual de influência, dados levantados dia 10/08/2012.

	<b>Iluminâncias (lux)</b>	<b>Percentual de influência</b>
Parcela da Janela estudada	1381,96	100,00%
Protetor Solar	422,02	30,54%
Abóbada Celeste	632,78	45,79%
Edificação	134,25	9,71%
Vegetação	192,91	13,96%

- Medição de iluminância no ponto de análise no dia 24 de Setembro de 2012, às 11h17min. Condições do céu - parcialmente nublado e com Sol.

**Tabela 20:** Iluminâncias e percentual de influência, dados levantados dia 24/09/2012.

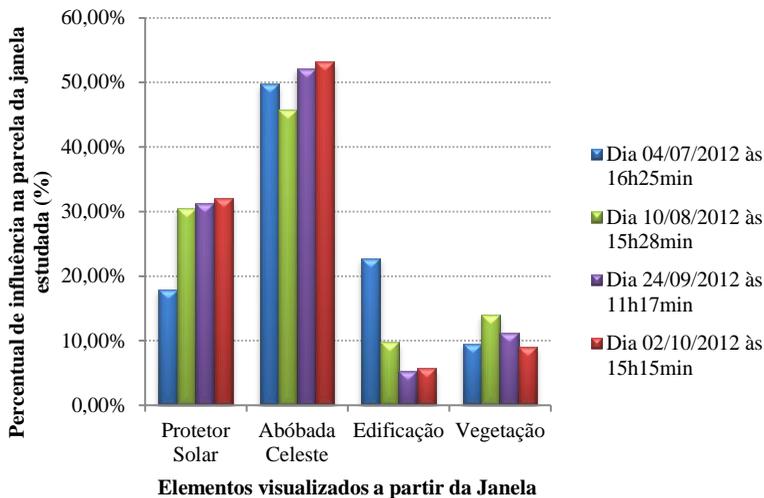
	<b>Iluminâncias (lux)</b>	<b>Percentual de influência</b>
Parcela da Janela estudada	2562,09	100,00%
Protetor Solar	800,52	31,24%
Abóbada Celeste	1337,01	52,18%
Edificação	137,18	5,35%
Vegetação	287,38	11,22%

- Medição de iluminância no ponto de análise no dia 02 de Outubro de 2012, às 15h15min. Condições do céu - parcialmente nublado e sem Sol.

**Tabela 21:** Iluminâncias e percentual de influência, dados levantados dia 02/10/2012.

	<b>Iluminâncias (lux)</b>	<b>Percentual de influência</b>
Parcela da Janela estudada	1337,78	100,00%
Protetor Solar	429,23	32,09%
Abóbada Celeste	711,52	53,19%
Edificação	75,94	5,68%
Vegetação	121,08	9,05%

O Gráfico 14 demonstra a influência dos planos de análise do entorno, comparando os resultados das medições realizadas. Como pode-se perceber, a abóbada celeste exerceu um maior impacto na proporção da iluminância da janela, seguido do protetor solar fixo na janela analisada.



**Gráfico 14:** Comparação do percentual de influência dos elementos do entorno.

Como verificado por Fiuza (2008), a interferência do protetor solar na redistribuição do fluxo luminoso está relacionada com a insolação direta que o mesmo recebe. Sendo assim, como a janela em análise está voltada para Sudeste na latitude  $27^{\circ} 35' 48''$  S, e esse protetor solar, na cor branca fixo a janela, não recebeu radiação solar direta. O resultado poderia ter sido diferente, tendo uma maior influência, caso a janela estivesse voltada para Norte.

Com exceção da medição do dia 04 de Julho, a vegetação obteve maior percentual de influência na iluminância proveniente da parcela da janela estudada. Sendo assim, durante essa primeira medição a edificação obteve maiores níveis de iluminância, lembrando que a mesma estava recebendo radiação solar direta. Vale ressaltar que, essa diferença encontrada entre as medições pode também estar relacionada com a morfologia das espécies vegetais encontradas nessa paisagem (plantas caducas).

#### 4.2.2 Análise dos resultados

Os resultados da segunda etapa da metodologia mostram que o entorno de uma edificação apresenta um impacto a ser considerado na

iluminância de um ponto em um ambiente interno, mesmo que esses elementos do entorno não se encontrem muito próximos à fachada.

Através desse estudo de caso, pode-se verificar que a parcela da janela estudada apresentou uma influência entre 31,99% e 40,97% na iluminância do ponto de análise no ambiente interno. Ou seja, os elementos do entorno, vistos a partir da janela analisada, contribuíram com iluminâncias entre 767,65 lux e 2562,09 lux para a iluminação do ponto de análise.

Vale ressaltar que a morfologia da vegetação (folhas claras ou escuras, caducas ou perenes,...) presente na paisagem, juntamente com a direção para qual a janela analisada estava voltada (Sudeste), influenciaram nos resultados obtidos. Visto que, se a vegetação presente na paisagem fosse diferente ou a janela analisada estivesse voltada para Norte, com os raios solares incidindo diretamente nos protetores fixos a mesma, e indiretamente nos demais elementos presentes naquela paisagem, os valores de iluminância poderiam ser diferentes dos encontrados.

Com isso, pode-se dizer que apesar do protetor solar analisado ter a cor branca, apresentando um alto coeficiente de reflexão, sua contribuição não foi maior devido ao fato do Sol não estar incidindo diretamente sobre ele.

Verificou-se também que, dependendo das características físicas e morfológicas da vegetação, ela pode possuir maior ou menor impacto sobre as características lumínicas das edificações do entorno, devido à intensidade luminosa de cada espécie.

Sendo assim, essa etapa do estudo demonstrou que antes de desenvolver o projeto, o arquiteto projetista deve levar em consideração o entorno no terreno (edificações e vegetação), o tipo de céu que se faz mais presente na região e a direção do Sol. Todos esses elementos incorrerão em um impacto na edificação, que pode ser dimensionado.

### **4.3 INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO COMO COMPONENTE DA ARQUITETURA DO EDIFÍCIO, PARA A ILUMINAÇÃO DO ESPAÇO INTERNO**

#### **4.3.1 Resultados das medições**

Foram realizados 05 grupos de medições de iluminância nos cinco pontos determinados no interior do modelo físico confeccionado. Para cada grupo de medição foram elaborados dois gráficos, representando as

iluminâncias medidas nos pontos de análise, e apresentadas as imagens geradas do interior da maquete para verificar a diferença do sombreamento gerado por cada modelo de fachada.

Os dados levantados serão apresentados separadamente de acordo com o dia em que foram realizadas as medições. Primeiramente serão apresentados os resultados das medições de iluminância com o modelo físico posicionado com a abertura lateral voltada para Norte, e em seguida os resultados das medições com o modelo físico posicionado com a sua abertura lateral no sentido transversal a direção do Sol, e com uma barreira lateral de frente para o Sol.

É importante ressaltar que todos os gráficos de iluminância abaixo, referentes a essa etapa da metodologia, não são completamente representativos de profundidade real, visto que os pontos 4 e 5 encontram-se alinhados entre eles e em um eixo diferente dos demais pontos, como pode-se verificar na Figura 59.

- Medição do dia 31 de Julho de 2013.

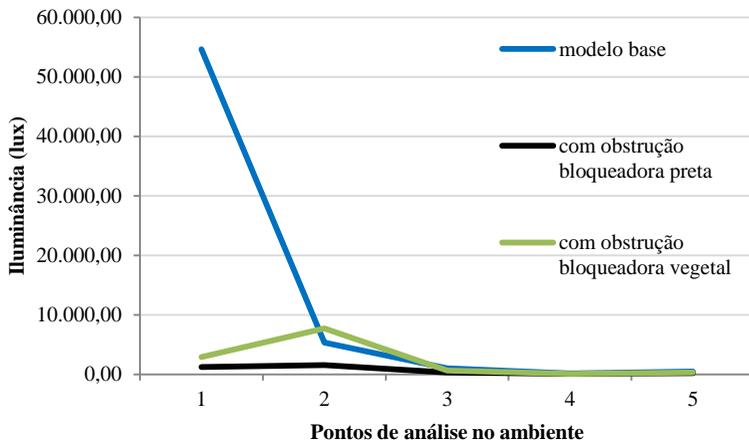
Essa medição foi realizada às 14:58h, o céu encontrava-se limpo e com Sol, como mostra a Figura 67, e a iluminância externa era 77.500 lux. A Tabela 22 e o Gráfico 15 apresentam os valores de iluminância medidos com as três tipologias de fachada propostas, e com o modelo físico voltado para o Norte.



**Figura 67:** Foto tirada sobre a maquete, mostrando o tipo de céu existente durante a medição do dia 31/07.

**Tabela 22:** Medição do dia 31/07, com a fachada voltada para Norte.

Pontos medidos	Iluminâncias medidas no interior da maquete com os diferentes modelo de fachada (lux)		
	modelo base	com obstrução bloqueadora preta	com obstrução bloqueadora vegetal
1	54.640,00	1.229	2.900
2	5.330,00	1.530	7.710
3	982,00	324	606
4	122,00	77	91
5	439,00	184	285



**Gráfico 15:** Iluminâncias do ambiente com as três tipologias de fachada analisadas (medição do dia 31/07).

Durante as medições, com a abertura lateral do modelo físico voltado para Norte, foram tiradas fotografias do interior da maquete a partir da abertura feita no fundo do ambiente (fachada Sul). Com base nessas fotografias foi possível verificar a diferença na insolação do ambiente de acordo com as diferentes tipologias de fachada analisadas. A Figura 68, Figura 69 e Figura 70 apresentam a insolação no ambiente que cada tipo de fachada representou no interior do modelo físico no momento em que foram realizadas as medições. Através dessas imagens pode-se analisar a diferença da incidência solar no ambiente.



**Figura 68:** Insolação no interior da maquete com fachada modelo base, dia 31/07.



**Figura 69:** Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora na cor preta, dia 31/07.

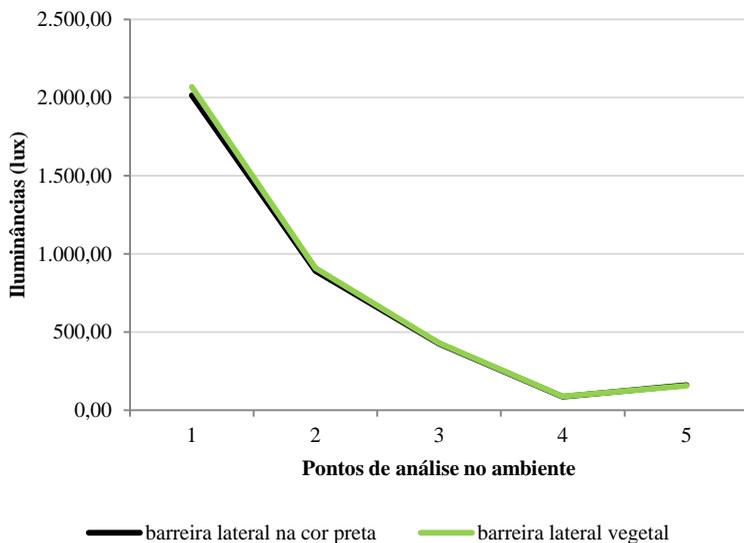


**Figura 70:** Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora vegetal, dia 31/07.

A Tabela 23 e o Gráfico 16 apresentam os valores de iluminância medidos nos cinco pontos no interior do modelo físico, com a abertura lateral voltada para o sentido transversal à direção do Sol.

**Tabela 23:** Medição com barreira lateral, dia 31/07.

Pontos medidos	Iluminâncias medidas no interior da maquete com fachada modelo base (lux)	
	barreira lateral na cor preta	barreira lateral vegetal
1	2.014	2.068
2	892	910
3	426	431
4	87	88
5	161	157



**Gráfico 16:** Medição com barreira lateral, dia 31/07.

- Medição do dia 02 de Agosto de 2013.

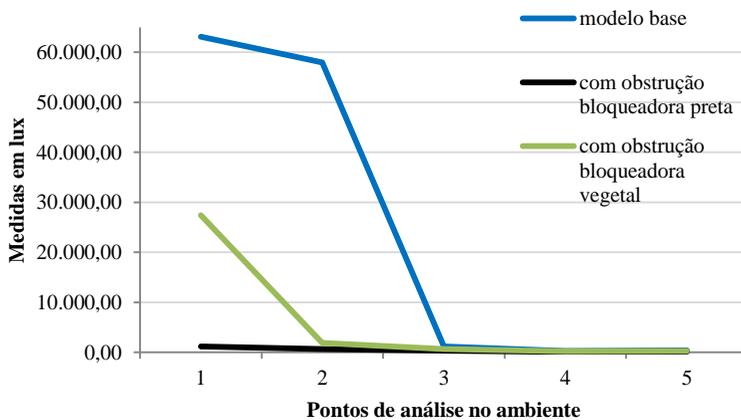
Essa medição foi realizada às 12:50h, o céu encontrava-se limpo e com Sol, como mostra a Figura 71, e a iluminância externa era 82.500 lux. A Tabela 24 e o Gráfico 17 apresentam os valores de iluminância medidos com as três tipologias de fachada propostas, e com o modelo físico voltado para o Norte.



**Figura 71:** Foto tirada sobre a maquete, mostrando o tipo de céu existente durante a medição do dia 02/08.

**Tabela 24:** Medição do dia 02/08, com a fachada voltada para Norte.

Pontos medidos	Iluminâncias medidas no interior da maquete com os diferentes modelo de fachada (lux)		
	modelo base	com obstrução bloqueadora preta	com obstrução bloqueadora vegetal
1	63.120,00	1.160	27.400
2	58.000,00	686	1.890
3	1.192,00	367	692
4	281,00	106	199
5	393,00	155	269



**Gráfico 17:** Iluminâncias do ambiente com as três tipologias de fachada analisadas (medição do dia 02/08).



**Figura 72:** Insolação no interior da maquete com fachada modelo base, dia 02/08.



**Figura 73:** Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora na cor preta, dia 02/08.

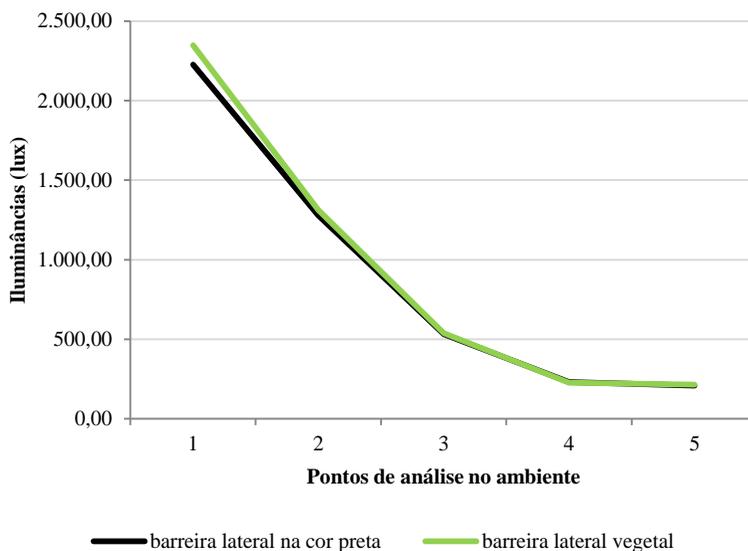


**Figura 74:** Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora vegetal, dia 02/08.

A Tabela 25 e o Gráfico 18 apresentam os valores de iluminância medidos nos cinco pontos no interior do modelo físico, com a abertura lateral voltada para o sentido transversal a direção do Sol.

**Tabela 25:** Medição com barreira lateral, dia 02/08.

Pontos medidos	Illuminâncias medidas no interior da maquete com fachada modelo base (lux)	
	barreira lateral na cor preta	barreira lateral vegetal
1	2.226	2.347
2	1.279	1.313
3	532	538
4	232	227
5	209	216

**Gráfico 18:** Medição com barreira lateral, dia 02/08.

- Medição do dia 03 de Agosto de 2013.

Essa medição foi realizada às 11:00h, o céu encontrava-se limpo e com Sol, como mostra a Figura 75, e a iluminância externa era 68.700 lux. A Tabela 26 e o Gráfico 21 apresentam os valores de iluminância

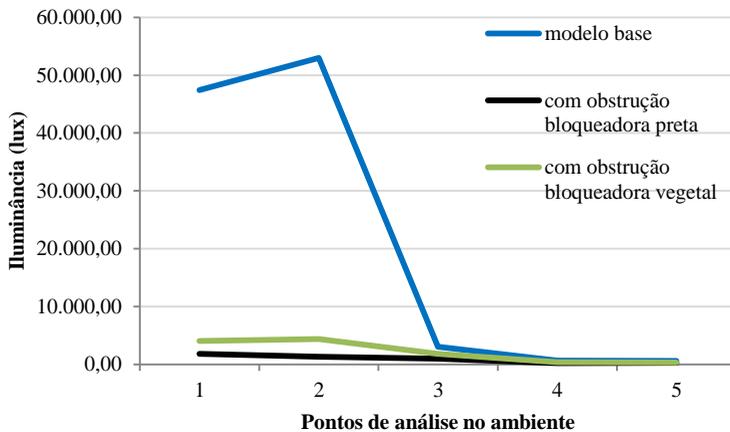
medidos com as três tipologias de fachada propostas, e com modelo físico voltado para o Norte.



**Figura 75:** Foto tirada sobre a maquete, mostrando o tipo de céu existente durante a medição do dia 03/08.

**Tabela 26:** Medição do dia 03/08, com a fachada voltada para Norte.

Pontos medidos	Iluminâncias medidas no interior da maquete com os diferentes modelo de fachada (lux)		
	modelo base	com obstrução bloqueadora preta	com obstrução bloqueadora vegetal
1	47.400,00	1.818	4.065
2	53.000,00	1.317	4.370
3	3.030,00	980	1.843
4	633,00	216	380
5	594,00	250	331



**Gráfico 19:** Iluminâncias do ambiente com as três tipologias de fachada analisadas (medição do dia 03/08).



**Figura 76:** Insolação no interior da maquete com fachada modelo base, dia 03/08.



**Figura 77:** Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora na cor preta, dia 03/08.



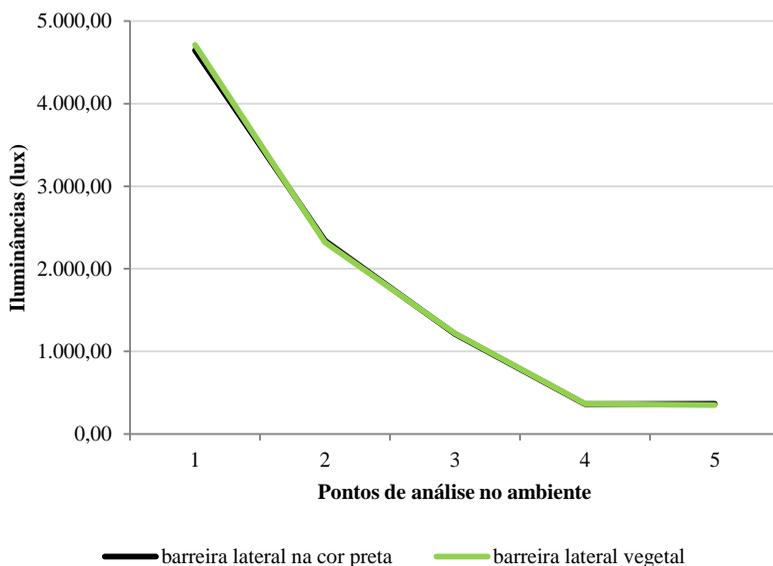
**Figura 78:** Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora vegetal, dia 03/08.

A

Tabela 27 e o Gráfico 20 apresentam os valores de iluminância medidos nos cinco pontos no interior do modelo físico, com a abertura lateral voltada para o sentido transversal à direção do Sol.

**Tabela 27:** Medição com barreira lateral, dia 03/08.

Pontos medidos	Iluminâncias medidas no interior da maquete com fachada modelo base (lux)	
	barreira lateral na cor preta	barreira lateral vegetal
1	4.643	4.712
2	2.340	2.320
3	1.213	1.219
4	362	366
5	368	352

**Gráfico 20:** Medição com barreira lateral, dia 03/08.

- Medição do dia 14 de Agosto de 2013.

Essa medição foi realizada às 13:41h, o céu encontrava-se parcialmente nublado e com Sol, como mostra a Figura 79, e a

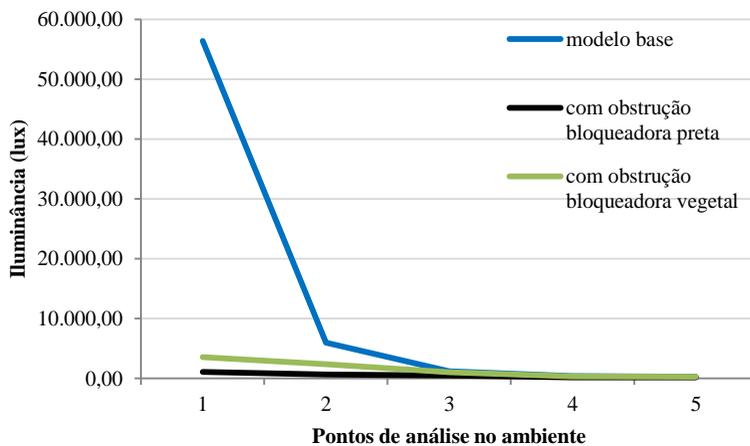
iluminância externa era 91.500 lux. A Tabela 28 e o Gráfico 21 apresentam os valores de iluminância medidos com as três tipologias de fachada propostas, e com o modelo físico voltado para o Norte.



**Figura 79:** Foto tirada sobre a maquete, mostrando o tipo de céu existente durante a medição do dia 14/08.

**Tabela 28:** Medição do dia 14/08, com a fachada voltada para Norte.

Pontos medidos	Iluminâncias medidas no interior da maquete com os diferentes modelo de fachada (lux)		
	modelo base	com obstrução bloqueadora preta	com obstrução bloqueadora vegetal
1	56.390,00	1.107	3.555
2	5.950,00	645	2.350
3	1.181,00	503	1.045
4	394,00	188	320
5	304,00	166	302



**Gráfico 21:** Iluminâncias do ambiente com as três tipologias de fachada analisadas (medição do dia 14/08).



**Figura 80:** Insolação no interior da maquete com fachada modelo base, dia 14/08.



**Figura 81:** Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora na cor preta, dia 14/08.



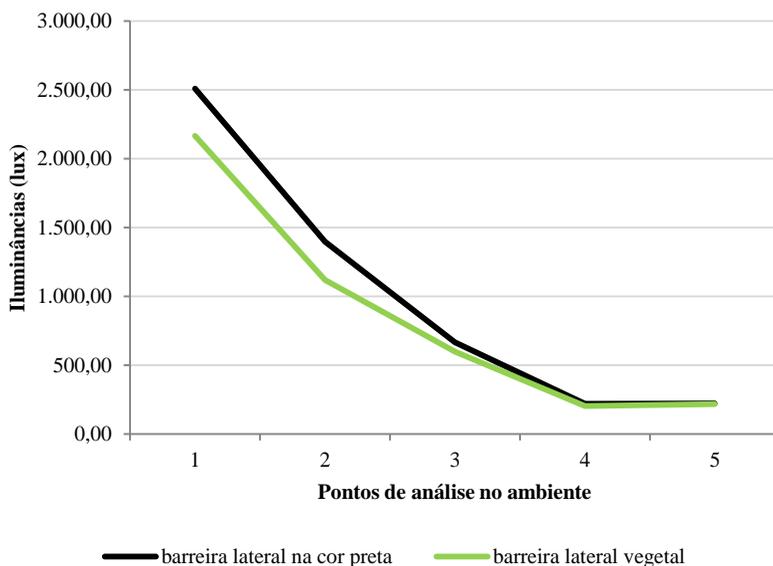
**Figura 82:** Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora vegetal, dia 14/08.

A

Tabela 29 e o Gráfico 22 apresentam os valores de iluminância medidos nos cinco pontos no interior do modelo físico, com a abertura lateral voltada para o sentido transversal à direção do Sol.

**Tabela 29:** Medição com barreira lateral, dia 14/08.

Pontos medidos	Iluminâncias medidas no interior da maquete com fachada modelo base (lux)	
	barreira lateral na cor preta	barreira lateral vegetal
1	2.508	2.166
2	1.397	1.119
3	667	598
4	221	204
5	223	218

**Gráfico 22:** Medição com barreira lateral, dia 14/08.

- Medição do dia 15 de Agosto de 2013.

Essa medição foi realizada às 12:00h, o céu encontrava-se parcialmente nublado, como mostra a Figura 83, e a iluminância externa

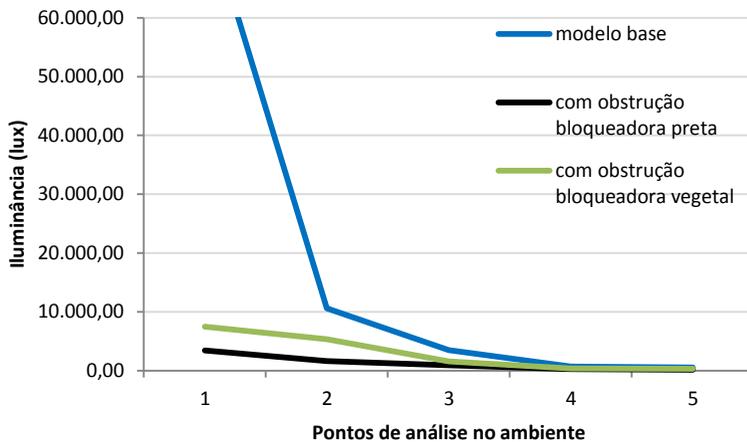
era 64.500 lux. A Tabela 30 e o Gráfico 23 apresentam os valores de iluminância medidos com as três tipologias de fachada propostas, e com modelo físico voltado para o Norte.



**Figura 83:** Foto tirada sobre a maquete, mostrando o tipo de céu existente durante a medição do dia 15/08.

**Tabela 30:** Medição do dia 15/08, com a fachada voltada para Norte.

Pontos medidos	Iluminâncias medidas no interior da maquete com os diferentes modelo de fachada (lux)		
	modelo base	com obstrução bloqueadora preta	com obstrução bloqueadora vegetal
1	78.560,00	3.426	7.482
2	10.600,00	1.624	5.360
3	3.500,00	927	1.574
4	729,00	253	366
5	576,00	193	338



**Gráfico 23:** Iluminâncias do ambiente com as três tipologias de fachada analisadas (medição do dia 15/08).



**Figura 84:** Insolação no interior da maquete com fachada modelo base, dia 15/08.



**Figura 85:** Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora na cor preta, dia 15/08.

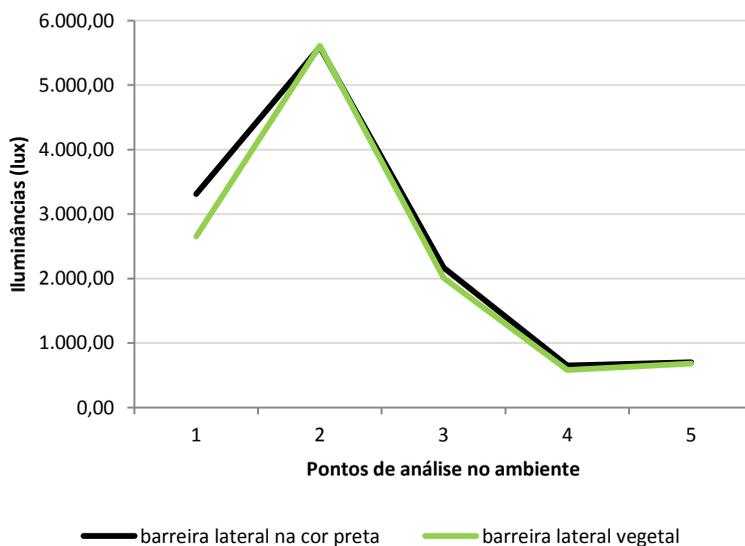


**Figura 86:** Insolação no interior da maquete com fachada com obstrução bloqueadora vegetal, dia 15/08.

A Tabela 31 e o Gráfico 24 apresentam os valores de iluminância medidos nos cinco pontos no interior do modelo físico, com a abertura lateral voltada para o sentido transversal à direção do Sol.

**Tabela 31:** Medição com barreira lateral, dia 15/08.

Pontos medidos	Iluminâncias medidas no interior da maquete com fachada modelo base (lux)	
	barreira lateral na cor preta	barreira lateral vegetal
1	3.309	2.650
2	5.590	5.610
3	2.170	2.010
4	651	584
5	703	680

**Gráfico 24:** Medição com barreira lateral, dia 15/08.

#### 4.3.2 Análise dos resultados

Nos dois experimentos realizados no modelo físico pode-se verificar que a iluminância no interior de um ambiente pode ser superior

quando utilizado um elemento vegetal como bloqueador da luz natural, no entanto, esse efeito dependerá da orientação da fachada. Isto porque quando verificou-se o impacto de uma massa vegetal, presente no experimento como uma barreira lateral, na iluminância dos pontos internos, percebeu-se que as inter-reflexões da luz natural nas folhas não direcionam muito a luz do Sol para o interior da maquete, não causando um grande impacto na iluminação do ambiente, quando comparadas a uma barreira lateral na cor preta.

Contudo, através da análise dos valores levantados durante as medições das diferentes tipologias de fachada, verificou-se que devido às inter-reflexões entre as suas folhas e o fato de sua densidade ser variável, o protetor solar com elemento de obstrução vegetal permite um índice de iluminância superior ao encontrado com o uso de um brise sólido, porém menor do que quando sem elemento de proteção solar.

Nas imagens fotográficas apresentadas acima (item 4.4.1) para cada medição, percebe-se uma diferença da mancha de luz no ambiente, quando com as três tipologias de fachada distintas. Nas imagens que mostravam a insolação no ambiente quando com o modelo base de fachada, percebe-se uma grande mancha de luz no interior do ambiente, provocando assim um alto grau de ofuscamento. Isto devido à incidência solar direta no ambiente.

Já nas imagens com o modelo de fachada com obstrução bloqueadora na cor preta, verificou-se que a luz não penetrou muito no ambiente, ficando restrita a uma pequena área no canto do ambiente. E, finalmente, nas imagens com o modelo de fachada com obstrução bloqueadora de vegetação, verificou-se que a mancha de luz era dispersa, formando manchas disformes no ambiente.

Isso significa que o uso de um brise vegetal pode permitir a entrada de luz natural direta no ambiente, porém reduzindo o ofuscamento provocado por ela. No entanto, com base no experimento realizado com a abertura lateral voltada para o sentido transversal a direção do Sol, deve-se levar em consideração a orientação dessa abertura na fachada.

Com relação aos índices de iluminância medidos, no experimento realizado com cada uma das três tipologias de fachada desenvolvidas, verificou-se que os valores de iluminância levantados nos pontos de análise no interior da maquete foram muito distintos, quando comparadas os resultados dos três modelos de fachada. Isto é, na medição do dia 02 de Agosto, por exemplo, os valores encontrados no ponto de análise 3, que fica mais ao centro do ambiente, foi 1.192 lux com o modelo base, 367 lux com o modelo com obstrução bloqueadora

na cor preta e 692 lux com o modelo com obstrução bloqueadora vegetal.

Com base nesses valores, pode-se verificar que o modelo com obstrução bloqueadora vegetal reduz significativamente a iluminância no ponto de análise, que nessa medição chegou a 500 lux de redução, porém ainda encontra-se com uma iluminância superior a levantada com o modelo com obstrução bloqueadora na cor preta, 325 lux a mais.

Isto comprova que o uso de uma massa vegetal como elemento bloqueador da luz natural pode ser pertinente quando durante o desenvolvimento do projeto for considerada a orientação das aberturas, a volumetria da vegetação (folhas densas ou espessas, caducas ou perenes,...) e os níveis de iluminância desejados no interior do ambiente. Isto porque, a vegetação possui uma característica marcante de filtro dos raios solares, pois ela permite um determinado grau de permeabilidade desses raios no interior de um ambiente.



## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões da pesquisa, seguida das considerações finais com as limitações encontradas, a relevância desse estudo e as sugestões para trabalhos futuros, visando aprimorar a análise desenvolvida por esta pesquisa.

### 5.1 CONCLUSÕES

Este estudo visou analisar o comportamento da vegetação, quanto ao seu potencial lumínico. Para este fim, foram realizados três estudos de casos distintos, onde o primeiro representou um processo de familiarização do fenômeno da influência da paisagem na iluminação de um ponto externo, verificando a componente celeste e a componente refletida externa. O segundo estudo de caso já apresentou uma análise mais focada no objetivo do trabalho, verificando a influência dos diferentes elementos existentes no entorno, visualizado através de uma janela, em um ponto dentro de um ambiente interno. E, finalmente, o último experimento serviu para verificar iluminância no interior de um modelo físico, fazendo uma análise com três tipologias de fachada distintas.

De acordo com as análises realizadas, observou-se que vegetação tem as seguintes características:

- I. Pode refletir e transmitir a luz natural (da abóbada celeste e do Sol) em proporções significativas, tendo como consequência um impacto também significativo com relação aos níveis de iluminância no interior das edificações:

Na análise da influência da paisagem em um ambiente interno, item 3.5 da metodologia, verificou-se que as massas vegetais apresentaram altos níveis de luminância ( $2879 \text{ cd/m}^2$ ), que quando inserido na planilha para o cálculo da iluminância de cada área relativa da porção da paisagem analisada, chegam a representar 17,63 lux (que representa aproximadamente 1% da iluminância calculada da paisagem visualizada através da parcela da janela que foi analisada).

- II. Filtrar os raios solares, reduzindo a incidência da luz solar direta:

O experimento realizado no modelo físico confeccionado, item 3.6 da metodologia, apresentou a diferença existente quando utilizado três tipologias de fachada. A análise das imagens geradas demonstrou que um brise vegetal permite a entrada de luz direta do Sol no ambiente, porém de maneira reduzida formando manchas de luz disformes.

Quando comparados os dados levantados com as fachadas modelo base e com obstrução bloqueadora vegetal a iluminância se apresentou reduzida em todos os pontos medidos. Porém, é importante ressaltar que, na tipologia de fachada que não possuía nenhum tipo de protetor solar (modelo base), os níveis de iluminância no ponto de análise 1, localizado próximo a janela, foram superiores a 10.000 lux em todas as medições realizadas, sendo 47.400 lux a menor iluminância levantada nesse ponto durante a medição do dia 03 de Agosto. Já no modelo de fachada com obstrução bloqueadora vegetal esse valor só foi excedido na medição realizada no dia 02 de Agosto (27.400 lux).

III. Difundir a luz natural que nela chega para dentro de um ambiente, através de inter-reflexões e transmissões.

No item 4.4 dos resultados, pode-se verificar que a iluminância presente no ambiente interno varia de acordo com a tipologia da fachada. O modelo com a obstrução bloqueadora vegetal apresentou uma iluminância no ponto de análise 5, localizado no fundo do ambiente, de, no mínimo, 269 lux, enquanto que o modelo com obstrução bloqueadora na cor preta, durante a mesma medição, o valor de iluminância levantado foi de 155 lux. Já com o modelo base de fachada, o valor encontrado para o mesmo ponto durante a mesma medição foi de 393 lux.

Através das primeiras etapas da metodologia, onde foram levantadas as luminâncias dos elementos de uma paisagem externa e calculadas as iluminâncias, percebeu-se que a refletividade de uma massa vegetal encontra-se diretamente relacionada com as características morfológicas dessa vegetação. Verificou-se também que, a luminância das superfícies aparentes caracterizadas por massas vegetais, existentes em uma paisagem urbana, encontra-se diretamente

ligada com as condições do céu existente. Como apresentado no item 4.2.1, quando na análise da imagem 2, a massa vegetal escura apresentou uma iluminância de 262,99 lux, na medição do dia 28 de Maio, 518,75 lux, na medição do dia 29 de Maio e 362,04 lux no dia 30 de Maio, apresentando uma diferença de 255,76 lux, quando comparado o maior e o menor valor de iluminância entre as três medições realizadas.

Essa relação também pôde ser verificada através da segunda ação da metodologia, onde foi realizada a análise de luminância de uma paisagem através de uma abertura na fachada. Isso porque o Sol, que se encontrava por trás dessa abertura, não incidindo diretamente nesse ambiente, ao incidir no gramado presente nessa paisagem chegou a gerar áreas onde foram medidas luminâncias de até 1976 cd/m<sup>2</sup>.

Quando comparado os níveis de iluminância medidos com o modelo com obstrução bloqueadora vegetal e com o modelo base, verificou-se uma redução dos níveis de iluminância, porém ainda possibilitando a entrada da luz natural. Já o modelo com obstrução bloqueadora na cor preta apresentou uma redução para níveis muito baixos. Com isso, pode-se verificar que o uso da vegetação como um elemento de proteção solar permite uma melhora na iluminação natural do ambiente interno, devido a sua estrutura física.

Vale ressaltar que no experimento da terceira etapa da metodologia, onde o modelo físico confeccionado foi posicionado no sentido transversal a direção do Sol, os resultados com os dois modelos de barreira lateral foram muito semelhantes. Isto se deve ao fato de que o elemento utilizado como uma barreira lateral preta foi uma madeira pintada com tinta acrílica na cor preta, que apresenta uma baixa refletância, porém não nula. Devido a isso, o fato do Sol incidir diretamente nessa barreira lateral fez com que essa superfície estivesse sujeita a uma alta iluminância, gerando luminância significativa, apesar da baixa reflexão.

Com base nas medições dos níveis de iluminância do ambiente interno e as iluminâncias encontradas no interior da maquete, chegou-se a conclusão que uma massa vegetal tem o potencial desejado como

barreira de luz, evitando que os raios atinjam o ambiente diretamente, ao mesmo tempo em que ele proporciona uma dispersão dessa luz natural.

Esse trabalho foi uma etapa significativa para o conhecimento acerca da relevância da massa vegetal como elemento condutor de luz, devido as suas características lumínicas. Porém, faz-se importante lembrar que esse impacto que a vegetação provoca na iluminação de um ambiente encontra-se diretamente ligado a suas características físicas morfológicas, o que significa que esses benefícios vão variar de acordo com o espécime vegetal utilizado.

Através desse trabalho, pôde-se verificar que a vegetação causa um impacto a ser considerado nas edificações do entorno, e que sua influência pode ser averiguada aplicando a metodologia desenvolvida por este estudo. Para isto, será necessário verificar o grau de luminância da massa vegetal existente no terreno, e em seu entorno, e o tipo de céu mais frequente na região. De acordo com as informações levantadas, será possível verificar a melhor situação para a implantação de uma edificação na etapa inicial de um projeto arquitetônico. Contudo, para a realização de um projeto lumínico em uma edificação já existente, é necessária uma análise mais detalhada da paisagem, verificando sua influência no nível de iluminância do ambiente interno.

Sendo assim, esse estudo demonstra a qualidade da massa vegetal como condutora da luz natural, através das inter-reflexões e transmissões em sua estrutura física, e sua capacidade de filtrar e dispersar os raios de luz que nela incide, permitindo um menor ofuscamento em um ambiente fechado. Permite também o arquiteto projetista a entender melhor o impacto que uma massa vegetal pode causar na iluminação de um ambiente, auxiliando no desenvolvimento das primeiras etapas projetuais.

## 5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Abaixo são enunciadas as limitações da pesquisa que foram encontradas durante os estudos de caso, e, adicionalmente, são apresentadas algumas relevâncias e sugestões para trabalhos futuros, aprimorando a análise desenvolvida por este estudo.

### 5.2.1 Limitações

Durante o processo de estudo do método foram encontradas algumas limitações que em determinados momentos fizeram necessária a aplicação de medidas paliativas que permitissem a obtenção de resultados. Esses empecilhos ocorreram devido à complexidade da forma de uma massa vegetal, o que tornou problemática a definição de planos representativos para análises e medições, e devido a algumas dificuldades encontradas durante o processo de medição.

Durante a realização do primeiro estudo de caso, onde foram medidas as luminâncias dos elementos da paisagem externa e a iluminância no ponto de análise, foi medida a iluminância externa após as medições das luminâncias da paisagem, pois não foi possível a realização simultânea dessas medições. Ainda nesse experimento, outra limitação encontrada foi a impossibilidade de se medir a iluminância de cada um dos elementos visualizados nessa paisagem.

Durante o experimento com a maquete física, a dificuldade encontrada foi que, devido ao fato de ser em escala reduzida e não em tamanho real, não foi possível trabalhar com vegetação natural, tendo essa sido substituída por um material artificial, e também porque a vegetação natural perde suas características físicas muito rapidamente, ressecando e perdendo as folhas.

Vale ressaltar também que devido à dificuldade em se mensurar a real intervenção sofrida pelos fenômenos físicos e ambientais envolvidos, verificou-se uma inconveniência na realização das medições, visto que qualquer mudança nas condições climáticas, como vento, alterava a posição das massas vegetais, dificultando e alterando a análise de cada ponto escolhido.

E, finalmente, deve-se informar que, apesar da obtenção dos resultados, esses valores e níveis de influência encontrados podem sofrer alterações de acordo com as características físicas e estruturais de cada espécime vegetal, o período do ano e o clima local.

### 5.2.2 Sugestões

Para uma análise ainda mais específica dos efeitos da luz natural incidente sobre uma massa vegetal e seu comportamento lumínico, faz-se necessário um estudo mais detalhado das características de cada espécime vegetal, isto é, da morfologia do espécime a ser estudado.

Sendo assim, como sugestão para trabalhos futuros, propõem-se a realização de estudos que demonstrem o impacto da luz natural em diferentes espécies vegetais. Com um estudo detalhado das características de alguns grupos vegetais, onde será obtida a influência de diferentes tipos de massa vegetal na iluminação de um ambiente. Com isso, poder-se-á determinar a espécie mais indicada para cada cenário lumínico que for desejado.

Sendo assim, com base na conclusão alcançada por esse estudo, propõem-se também uma nova abordagem que analise o benefício que o uso da vegetação pode trazer com relação à qualidade visual de um ambiente interno. Para isso seria necessário um experimento que não somente considerasse os níveis de iluminância definidos por norma, como também obtivesse uma pesquisa que definisse a sensação do usuário quanto ao conforto visual existente no ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### ➤ Bibliografias Referenciadas

ALBUQUERQUE, D. D. **Avaliação da influência da luz natural na redução do consumo de energia em edifícios comerciais: Uma análise em Maceió – AL.** Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado - DEHA) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.

ALMEIDA, F. J. J. **Contribution to the definition of design and control strategies for sunbreakers.** *In: PLEA 2001, 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE NA LOW ENERGY ARCHITECTURE*, v.1, p.93-97. Florianópolis, 2001.

AMORIM, C. N. D. **Iluminação natural e eficiência energética.** Cadernos eletrônicos da Pós-Graduação FAU-UnB. Brasília, 2002.

AYRES, M. C. R. **Avaliação do sombreamento natural do flamboyant (*Delonix regia*) na temperatura de um ambiente construído.** Revista Agrarian. ISSN: 1984-2538. Dourados, 2010.

BELAKEHAL, A.; AOUL, K. T. **L'éclairage naturel dans le bâtiment. Reference aux milieux arides a climat chaud et sec.** Courrier du Savoir – N°04, Juin 2003.

BERALDO, A.L.; AZZINI, A.; CARVALHO, J.F. **Barreira acústica de bambu: uma avaliação preliminar.** *In: III ENECS – Encontro nacional sobre edificações e comunidades sustentáveis.* São Carlo/SP, 2003.

BONATES, M. F.; PEREIRA, T. C. B.; SILVA, L. B. **Análise da influência do projeto arquitetônico no conforto lumínico: o caso dos ambientes de trabalho de uma imobiliária.** Sebrae, Biblioteca On Line.

BOGO, A.; PEREIRA, F. O. R. **Análise do potencial de conservação de energia elétrica em escolas pela utilização da iluminação natural.**

*In*: NUTAU'98 – Tecnologias para o século XXI, p. 1-5. São Paulo, 1998.

BOYCE, P. R. **Why daylight?**. *In*: International Daylighting Conference 98. 10-13 May 1998, Ottawa, Ontario, Canada, p. 359-366, 1998.

BOYCE, P.; HUNTER, C.; HOWLETT, O. **The Benefits of Daylight through Windows U.S.** Department of Energy. Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, New York 2003.

BROCANELI, P. F.; STUERMER, M. M. **A vegetação na paisagem do bairro de Higienópolis.** *In*: III Fórum de Pesquisa FAU-Mackenzie: São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2007.

BROWN, G. Z.; DEKAY, M. **Sol, Vento & Luz - Estratégias para o projeto de arquitetura.** [2.ed.] São Paulo: Bookman, 2004.

BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; LABAKI, L. C.; VIANNA, P. Z. **Comportamento de diferentes espécies arbóreas quanto à atenuação da radiação solar.** *In*: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, São Paulo, 2001.

BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; LABAKI, L. C. **How much does the change of species of trees affect their solar radiation attenuation?** *In*: ICUC-5 - Fifth International Conference on Urban Climate. Lodz, Polônia, 2003. Disponível em: [http://nargeo.geo.uni.lodz.pl/~icuc5/text/o\\_1\\_4.pdf](http://nargeo.geo.uni.lodz.pl/~icuc5/text/o_1_4.pdf). Acesso em: agosto de 2012.

CAÑELLAS, K. V. **Análise do uso da luz natural em edifício de escritórios.** Dynamis (Blumenau), Blumenau SC, v. 11, n.45, p. 56-64, 2003.

CARVALHO, M. M. **Clima urbano e vegetação: estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2001.

CARVALHO, M. T. M. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto.** Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, 2009.

CARVALHO, M. T. M.; SPOSTO, R. M. **Methodology for evaluating the sustainability of social interest houses with focus on design.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 207-225, jan./mar. 2012. ISSN 1678-8621

CIE-ISO 15469:2004. **Répartition spatiale de la lumière du jour - Ciel général normalisé CIE.** Commission Internationale de L'éclairage, Fevereiro de 2004.

COMMISSION EUROPÉENNE. **Caractéristiques pour un bâtiment méditerranéen. Nouvelles solutions dans l'utilisation de l'énergie. ENERGIE.** ARENE Agence Régionale de l'Energie Provence-Alpes-Côte d'Azur. Commission Européenne, 1999.

DEROISY, B.; DENEYER, A. **Evaluation de l'éclairage naturel par simulations informatiques.** In: CSTS, Les dossiers du CSTS, 2011.

DUTRA, L.; LAMBERTS, R.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** [2.ed.] São Paulo: PW, 2005.

FIUZA, J. M. **Influência de elementos de proteção solar horizontais aplicados a aberturas laterais, na admissão e distribuição da luz natural.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

GARROCHO, J. S. **Luz natural e projeto de arquitetura: Estratégias para Iluminação Zenital em Centros de Compras.** Dissertação (mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, 2005.

HO, M.-C.; CHIANG, C.-M.; CHOU, P.-C.; CHANG, K.-F.; LEE, C.-Y. **Optimal sun-shading design for enhanced daylight illumination of subtropical classrooms.** Energy and Buildings 40, pp. 1844-1855, 2008. Elsevier B. V. 2008.

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação Natural**. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, 1975.

HOYANO, A. **Climatological Uses of Plants for Solar Control and the Effects on the Thermal Environment of a Building**. Energy and Buildings 11, pp. 181-199, 1988.

ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA (IESNA). **Lighting Handbook: reference and application**. Illuminating Engineering Society of North America [8. Ed.]. New York, 1990.

JOHN, V. M.; SILVA, V. G.; AGOPYAN, V. **Agenda 21: Uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro**. ANTAC – Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Canela, abril, 2001.

KONOPACKI S.; AKBARI, H. **Energy Impacts of Heat Island Reduction Strategies in Toronto, Canada**. Heat Island Group Lawrence Berkeley National Laboratory Berkeley, California 94720. November, 2001

KREMER, A. **A influência de elementos de obstrução solar no nível e na distribuição interna da iluminação – estudo de caso em protótipo escolar de Florianópolis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; NASCIMENTO, M. G.; OLIVEIRA E SOUZA, S. N. P.; BORGES FILHO, F.; SILVA, D. R. C.; LABAKI, L. C.; PINA, S. M. G.; BERNARDI, N. **Divulgação do conhecimento em conforto ambiental**. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, São Paulo, 2001.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; DAMASO, G. M.; PINA, S. A. M. G.; BORGES FILHO, F. **Aspectos de conforto ambiental de descrições de espaços construídos na literatura brasileira**. In: ENCAC - COTEDI 2003 - VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e III Conferência Latino Americana sobre Conforto e Desempenho Térmico de Edificações. Curitiba/PR, 2003.

LEE, A. S.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. **Verificação da eficiência energética de um edifício de escritórios através de simulação computacional: Estudo de caso no departamento de Engenharia Civil da UFSC.** *In:* Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído- ENCAC. Promoção ANTAC, 2001.

LI, D. H. W.; TSANG, E. K. W. **An analysis of daylighting performance for office buildings in Hong Kong.** *Building and Environment*, v.43, n.9, p.1446-1458, set. 2008.

LIRA FILHO, J. A. Paisagismo: elementos de composição e estética. 9ª Coleção jardinagem e paisagismo. Série planejamento paisagísticos; v. 2. Viçosa-MG, 2002.

MAJOROS, A. **Daylighting. Serie passive and low energy architecture international – Design tools and techniques.** *In:* PLEA, 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE NA LOW ENERGY ARCHITECTURE. Australia, 1998.

MARTINS, J. L.; DA SILVA, I. J. O.; FAGNANI, M. A.; MOURA, D. J.; PIEDADE, S. M. **Avaliação da qualidade do sombreamento natural em pastagem no outono.** *Engenharia Rural*, v.13, único, 2002.

MASCARÓ, L; MASCARÓ, J. **Vegetação urbana.** 2.ed. Porto Alegre: Mais Quatro Editora, 2005.

MASCARÓ, J. J.; DIAS, A. P. A.; GIACOMIN, S. D. **Arborização Pública como Estratégia de Sustentabilidade Urbana.** Trabalho científico. Passo Fundo: FEAR Universidade de Passo Fundo, 2008.

McPHERSON, E. G.; HERRINGTON, L. P.; HEISLER, G. M. **Impacts of Vegetation on Residential Heating and Cooling.** *Energy and Buildings*, 12 (1988) 41-51.

MENEZES, H. E. A. **Seleção de espécies arbustivas potenciais para o paisagismo no semi-árido brasileiro.** Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos/PB. Paraíba, 2009.

MICHAEL, R. **O conceito de sustentabilidade aplicado a uma edificação na cidade de Ijuí - RS.** DETEC - Curso de Engenharia Civil

da Universidade Regional do Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2001.

MICHEL, L. **Light: The shape of space.** Jhon Wiley & Son Inc. New York, 1996.

MONTEITH, J. L.; UNSWORTH, M.H. **Principles of Environmental Physics.** [2.ed.]. Edward Arnold. New York, 1990.

MOORE, F. **Concepts and practice of architectural daylighting.** Van Nostrand Reinhold. New York, 1991.

NISSOLA, L. J. **A influência da luz natural na probabilidade de ocorrência de ofuscamento em ambientes com terminais de vídeo – um estudo de caso.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

NORMAN, J. M.; CAMPBELL, G. S. **Canopy structure.** Plant physiological ecology: field methods and instrumentation, p. 301-326. London: Chapman and Hall, 1989.

OKE, T. R. **Boundary layer climates.** London: methuen, 1978.

OLIVEIRA, A. S. **Influência da vegetação arbórea no microclima e uso de praças públicas.** Tese (Doutorado em Física Ambiental). Programa de pós-graduação da Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2011.

PAIS, A.; MELO, R. B. **Condições de iluminação em ambiente de escritório: influência no conforto visual.** In: SHO 2011: Colóquio Internacional sobre Segurança e Higiene Ocupacional. Guimarães, 2011

PEDREIRA, M. S.; ARZABE, C.; PRIMAVESI, O. **Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos.** Embrapa Pecuária Sudeste, Documento 70. 1ª ed. on-line. São Carlos, SP, 2007.

PEREIRA, F.O.R. **Iluminação Natural no Ambiente Construído.** Curso ministrado durante o III Encontro Nacional e I Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, ANTAC, Gramado, RS, 1995.

PEREIRA, R. C. **A qualidade da iluminação no ambiente construído – Estudo da iluminação espacial e do brilho das superfícies.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

PEREIRA, R. C.; PEREIRA, F. O. R.; CLARO, A. **Caracterização da contribuição do entorno na avaliação da iluminação natural em edificações.** Ambiente Construído, v.8, n.4, p. 103-115. Porto Alegre, 2008.

PEREIRA, R. C. **Avaliação de ferramentas de Simulação de iluminação natural por Meio de mapeamento digital de Luminâncias da abóbada celeste e Entorno.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

PIETROBON, C. E. **Luz e calor no ambiente construído escolar e o sombreamento arbóreo: conflito ou compromisso com a conservação de energia?** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

PIPPI, L.G.A.; AFONSO, S.; SANTIAGO, A. **A aplicação da sustentabilidade no ambiente urbano.** In: III ENECS – Encontro nacional sobre edificações e comunidades sustentáveis. São Carlo/SP, 2003.

RIVERO, Roberto. **Arquitetura e Clima: Acondicionamento Térmico Natural.** Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores, 1986.

ROBBINS, C. L. **Daylighting, design and analysis.** An Nostrand Reinhold Company, New York, 1986.

RONDON, C. E. **Análise estatística de medidas de iluminância obtidas *in loco* e por simulação em habitações populares: Estudo de caso em Cuiabá - MT.** Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente da Universidade Federal de Mato Grosso, 2007.

RUGGIERO, F.; FLORENSA, R. S.; DIMUNDO, A. **Re-interpretation of traditional architecture for visual comfort.** Building and Environment, v.44, n.9, p.1886-1891, 2009.

SANTOS, C. M. L. **O projeto de iluminação para edifícios de escritórios - Influência das Variáveis Arquitetônicas no Comportamento da Luz natural e Conforto Visual.** Dissertação (mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

SANTOS, D. M. L. **Encontros e desencontros da iluminação natural. Um estudo em espaços de internação hospitalar.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2009.

SOUZA, R. V. G. **Desenvolvimento de modelos matemáticos empíricos para a descrição dos fenômenos de iluminação natural externa e interna.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

TEIXEIRA, M. A. **A influência da iluminação natural no desempenho ambiental de edificações aeroportuárias.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília – FAU-UnB. Brasília, 2007.

TZEMPELIKOS, A.; ATHIENITIS, A. K. **The impact of shading design and control on building cooling & lighting demand.** Solar Energy, Vol. 81 (3), pp. 369-382, 2007.

VASCONCELLOS, V. M. N. **Classificação sistemática das densidades de copa das árvores.** ELECS 2011 – VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Vitória/ES, 2011.

VASCONCELLOS, V. M. N.; BARROSO-KRAUSE, C. **A amendoeira como aliada no conforto higrotérmico do ambiente construído – uma defesa pela reintrodução organizada da espécie na cidade do Rio de Janeiro.** In: ENCAC - ELACAC 2011 - XI Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e VII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Búzios/RJ, 2011.

VASCONCELLOS, V. M. N. **O comportamento das árvores no conforto térmico dos espaços livres urbanos de uso público - avaliações preliminares.** In: 5º Congresso Luos Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável - PLURIS 2012, 2012, Brasília. Reabilitar o Urbano. UnB: Brasília, 2012.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. **Botânica organografia: Quadros Sinóticos Ilustrados de Fanerógamos.** [4. Ed.]. Viçosa: UFV, 2006.

WARDOYO, J. **Vegetation Configuration as Microclimate Control Strategy In Hot Humid Tropic Urban Open Space.** In: 9º S E N V A R + 2º I S E S E E – 9º International Seminar in Sustainable Environment & Architecture + 2º International Symposium & Exhibition in Sustainable Energy & Environment. Selangor, Malásia, 2008. Disponível em: <http://dtap.undip.ac.id/en/index.php/Article/vegetation-configuration-as-microclimate-control-strategy-in-hot-humid-tropic-urban-open-space.html>. Acesso em: agosto de 2012.

WONG, N. H.; ISTIADJI, A. D. **Effect of External Shading Devices on Daylighting Penetration in Residential Buildings.** International Journals Hodder Arnold Lighting Research & Technology, Vol.34, No.4, December, 2004.

YATES, D.; McKENNAN, G. **Solar architecture and light attenuation by trees: conflict or compromise?** Landscape Research, 13(1), 1988, 19-23.

ZAMBRANO, L. M. A. **Integração dos princípios da sustentabilidade ao projeto de arquitetura.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro – PROARQ. Rio de Janeiro, 2008.

#### ➤ Bibliografias Consultadas

ABNT. **NBR 5382 – Verificação de iluminâncias de interiores.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1985.

ABNT. **NBR 15215-1 – Iluminação Natural : parte 1: conceitos básicos e definições.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998.

ABNT. **NBR 15215-2 – Iluminação Natural : parte 2: procedimentos de cálculo para a estimativa de disponibilidade de luz natural.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1999.

ABNT. **NBR 15215-3 – Iluminação Natural : parte 3: procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1999.

ABNT. **NBR 15215-4 – Iluminação Natural: parte 4 : verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações.** Método de medição. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997.

ARAÚJO, I. Á. L. **Influência da luz natural refletida pelo entorno na iluminação de edifícios no trópico úmido.** Dissertação (mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade federal de Alagoas. Maceió, 2006.

ASSIS, E. S. **Critérios de acessibilidade ao sol e à luz natural para a conservação de energia em escala de planejamento urbano.** Trabalho apresentado no (In anais do) IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Foz do Iguaçu, Paraná, 2002.

BETTEGA, A. **As ruas-túneis de Porto Alegre.** Terra Magazine, Maio de 2007.

BUENO, C. L. **Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, 1998.

CAPELUTO, G. I. **Energy performance of the self-shading building envelope.** Energy and buildings, London, v.35, p.327-336, 2003.

CAÑELLAS, K. V. **Avaliação da iluminação de espaços de escritório em edifício na cidade de Passo Fundo - RS.** Dissertação (mestrado) -

Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CHAIYAKUL, Y. **Reduction of daylight in urban canyons with trees.** In: PLEA 2004, 21th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE NA LOW ENERGY ARCHITECTURE. Eindhoven, The Netherlands, 19 – 22 September 2004.

ELEA. **Assurer un éclairage naturel suffisant.** La nature ma maison, v.15. Bélgica, Junho, 2007.

ENERMODAL ENGINEERING. (2002). **Daylighting Guide for Canadian Commercial Buildings.** Public Works and Government Services Canada.

FOSSATI, M.; LAMBERTS, R. **Eficiência energética da envoltória de edifícios de escritório de Florianópolis: discussões sobre a aplicação do método prescritivo do RTQ-C.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 59-69, abr./jun. 2010. ISSN 1678-8621

GARROCHO, J. S.; AMORIM, C. N. D. **Luz natural e projeto de arquitetura: estratégias para iluminação zenital em centros de compras.** In: I Conferência Latino Americana de Construção Sustentável – X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2004, São Paulo. CLACS ENTAC 04, 2004.

GIVONI, B. **Man, climate and architecture.** London: Applied, 1981.

GUTH, S. K. **Computing visual comfort ratings for a specific interior lighting installation.** IES – Illuminating Engineering, 1966.

IBGE. **Optimiser l'éclairage naturel. Déterminer la forme et la surface des ouvertures, ainsi que les aménagements intérieurs pour maximiser le confort lumineux et l'utilisation de la lumière naturelle.** Guide pratique pour la construction et la renovation durables de petits batiments. Recommandation pratique CSS06. Julho, 2010.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION - ISO 7730 - **Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using**

**calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.** International Standard, 2005.

MASCARÓ, L. E. R. **Energia na edificação: estratégias para minimizar seu consumo.** São Paulo : Projeto, 1992.

MASCARÓ, L.E. R.; VIANNA, N.S. **Iluminação natural nos edifícios.** Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Arquitetura, PROPAR, 1980.

MÉTHY, M. **Interception du rayonnement solaire par différents types de végétation dans la region méditerranéenne.** Montpellier: Académie de Montpellier, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 1974.

MIRANDA L. P. C.; MIRANDA G. N. C. **Barreira acústica em rodovias.** In: V Encontro de Iniciação Científica. Caderno de Resumos. Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, Universidade de Taubaté, 2002. São Paulo, 2002.

O'CONNOR, Jennifer; LEE, Eleanor; RUBINSTEIN, Francis; SELKOWITZ, Stephen. **Tips for daylighting with windows - The integrated approach.** Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory - LBNL 39945.

OLIVEIRA, A. S.; SANTOS, F. M. M.; CALLEJAS, I. J. A.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; NOGUEIRA, J. S. **Sombreamento arbóreo e microclima de praças públicas em cidade brasileira de clima tropical continental.** In: PLURIS2010 – 4º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado, Sustentável. Universidade do Algarve, Faro - Portugal, 2010.

PEREIRA, F. O. R.; RIGATTI, D.; SCALCO, V. A. **Método para a avaliação da iluminação natural e insolação em estudos de impacto de vizinhança.** In: PLURIS 2010, 4º Congresso para o Planejamento Urbano, Regional; Integrado e Sustentável. Faro, Portugal, 2010.

RODRIGUES, P. **Manual de iluminação eficiente.** Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, 2002.

SANTOS NETO, A. A. **Automação do traçado de mascaras de sombra para avaliar os dispositivos de proteção solar : uma aplicação compugrafica.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995. Disponível em: [http://www.eps.ufsc.br/disserta/neto/cp1\\_net.htm](http://www.eps.ufsc.br/disserta/neto/cp1_net.htm). Acesso em: Agosto de 2012.

VERCHER, A.; GILABERT, M. A.; CAMACHO DE COCA, F.; MELIÁ, J. **Influencia del ángulo cenital de iluminación en los índices de vegetación.** Revista de Teledetección, 2002.

\_\_\_\_\_. **Vegetação.** Disponível em: <http://www.frigoletto.com.br/GeoFis/vegetacao.htm>. Acesso em: Agosto de 2012.

\_\_\_\_\_. **Paisagens Vegetais do Brasil.** Disponível em: <http://www.brasilecola.com/brasil/paisagens-vegetais-brasil.htm>. Acesso em: Agosto de 2012.

\_\_\_\_\_. **Daylight in Buildings: A Source Book on Daylighting Systems and Components.** Report of IEA SHC Task 21 / ECBCS Annex 29, 2000.

## APÊNDICE A – Tabelas da primeira etapa

Planilha 1 – Medição do dia 28 de Maio às 10:15h – Imagem 1

	Áreas de análise	Luminâncias	Área total (St)	Área porção (S)	Ângulo Sólido (S.A)	Raio do plano (R)	Vetor da área analisada (R')	Ângulo do cosseno diretor (θ)	cosθ	Illuminância (E)
abóbada	1	<b>20171,80</b>	20189,81	2017,59	<b>0,63</b>	80,17	62,61	<b>70,29</b>	0,34	<b>936,89</b>
	2		20189,81	2685,29	<b>0,84</b>	80,17	47,13	<b>52,91</b>	0,60	<b>2279,52</b>
	3		20189,81	2906,59	<b>0,90</b>	80,17	47,55	<b>53,38</b>	0,60	<b>2748,00</b>
	4		20189,81	1251,24	<b>0,39</b>	80,17	67,43	<b>75,70</b>	0,25	<b>589,88</b>
edificação	5	<b>9221,17</b>	20189,81	396,93	<b>0,12</b>	80,17	66,60	<b>74,77</b>	0,26	<b>59,69</b>
	6		20189,81	104,86	<b>0,03</b>	80,17	40,92	<b>45,94</b>	0,70	<b>42,46</b>
	7		20189,81	324,50	<b>0,10</b>	80,17	13,36	<b>15,00</b>	0,97	<b>84,66</b>
	8		20189,81	76,84	<b>0,02</b>	80,17	36,70	<b>41,20</b>	0,75	<b>28,07</b>
	9		20189,81	96,91	<b>0,03</b>	80,17	52,04	<b>58,42</b>	0,52	<b>33,54</b>
	10		20189,81	261,12	<b>0,08</b>	80,17	73,31	<b>82,30</b>	0,13	<b>10,44</b>
vegetação escura	11	<b>1237,04</b>	20189,81	245,82	<b>0,08</b>	80,17	41,17	<b>46,22</b>	0,69	<b>20,97</b>
	12		20189,81	2900,49	<b>0,90</b>	80,17	19,11	<b>21,45</b>	0,93	<b>230,80</b>
	13		20189,81	63,67	<b>0,02</b>	80,17	43,43	<b>48,76</b>	0,66	<b>4,00</b>
	14		20189,81	166,87	<b>0,05</b>	80,17	61,41	<b>68,94</b>	0,36	<b>4,85</b>
veg. clara	15	<b>1976,44</b>	20189,81	89,50	<b>0,03</b>	80,17	53,37	<b>59,91</b>	0,50	<b>8,91</b>
	16		20189,81	2691,21	<b>0,84</b>	80,17	39,15	<b>43,95</b>	0,72	<b>416,12</b>
	17		20189,81	576,59	<b>0,18</b>	80,17	69,51	<b>78,03</b>	0,21	<b>24,13</b>
Piso	18	<b>4951,49</b>	20189,81	3149,63	<b>0,98</b>	80,17	68,66	<b>77,08</b>	0,22	<b>244,00</b>
	19		20189,81	4,92	<b>0,00</b>	80,17	15,87	<b>17,82</b>	0,95	<b>1,62</b>
	20		20189,81	6,18	<b>0,00</b>	80,17	4,50	<b>5,05</b>	1,00	<b>2,73</b>
	21		20189,81	172,41	<b>0,05</b>	80,17	39,29	<b>44,11</b>	0,72	<b>50,07</b>

Planilha 2 – Medição do dia 28 de Maio às 10:15h – Imagem 2

	Áreas de análise	Lumâncias	Área total (St)	Área porção (S)	Ângulo Sólido (S.A)	Raio do plano (R)	Vetor da área analisada (R')	Ângulo do cosseno diretor (0)	cos0	Iluminação (E)
parcela da abobada	1	<b>26149,00</b>	22657,94	1476,71	<b>0,41</b>	84,92	71,46	<b>75,74</b>	0,25	<b>618,77</b>
	2		22657,94	3290,48	<b>0,91</b>	84,92	50,68	<b>53,71</b>	0,59	<b>3956,14</b>
	3		22657,94	3028,16	<b>0,84</b>	84,92	47,11	<b>49,93</b>	0,64	<b>3863,91</b>
	4		22657,94	1750,62	<b>0,49</b>	84,92	62,98	<b>66,75</b>	0,40	<b>1062,40</b>
edificação	5	<b>11505,91</b>	22657,94	130,15	<b>0,04</b>	84,92	80,97	<b>85,81</b>	0,07	<b>4,71</b>
	6		22657,94	225,25	<b>0,06</b>	84,92	71,58	<b>75,86</b>	0,24	<b>13,83</b>
	7		22657,94	504,90	<b>0,14</b>	84,92	18,43	<b>19,53</b>	0,94	<b>191,49</b>
	8		22657,94	202,88	<b>0,06</b>	84,92	39,24	<b>41,59</b>	0,75	<b>100,84</b>
	9		22657,94	44,31	<b>0,01</b>	84,92	65,39	<b>69,30</b>	0,35	<b>18,71</b>
	10		22657,94	1305,17	<b>0,36</b>	84,92	78,01	<b>82,68</b>	0,13	<b>30,28</b>
vegetação escura	11	<b>1419,04</b>	22657,94	4570,95	<b>1,27</b>	84,92	51,69	<b>54,78</b>	0,58	<b>212,98</b>
	12		22657,94	107,44	<b>0,03</b>	84,92	50,27	<b>53,28</b>	0,60	<b>2,53</b>
	13		22657,94	60,22	<b>0,02</b>	84,92	26,72	<b>28,32</b>	0,88	<b>2,97</b>
	14		22657,94	185,98	<b>0,05</b>	84,92	5,94	<b>6,30</b>	0,99	<b>15,48</b>
	15		22657,94	252,45	<b>0,07</b>	84,92	28,88	<b>30,61</b>	0,86	<b>29,03</b>
veg. clara	16	<b>619,55</b>	22657,94	1761,93	<b>0,49</b>	84,92	39,18	<b>41,52</b>	0,75	<b>226,63</b>
Piso	17	<b>2700,45</b>	22657,94	271,38	<b>0,08</b>	84,92	25,71	<b>27,25</b>	0,89	<b>79,46</b>
	18		22657,94	3488,97	<b>0,97</b>	84,92	63,84	<b>67,66</b>	0,38	<b>556,37</b>

Planilha 3 – Medição do dia 29 de Maio às 9:15h – Imagem 1

	Áreas de análise	Lumâncias	Área total (St)	Área porção (S)	Ângulo Sólido (S.A)	Raio do plano (R)	Vetor da área analisada (R')	Ângulo do cosseno diretor (θ)	cosθ	Luminância (E)
parcela da aboboda	1	49897,60	20189,81	2017,59	0,63	80,17	62,61	70,29	0,34	885,63
	2		20189,81	2685,29	0,84	80,17	47,13	52,91	0,60	3673,94
	3		20189,81	2906,59	0,90	80,17	47,55	53,38	0,60	17457,25
	4		20189,81	1251,24	0,39	80,17	67,43	75,70	0,25	584,07
edificação	5	8224,04	20189,81	396,93	0,12	80,17	66,60	74,77	0,26	80,05
	6		20189,81	104,86	0,03	80,17	40,92	45,94	0,70	44,73
	7		20189,81	324,50	0,10	80,17	13,36	15,00	0,97	48,82
	8		20189,81	76,84	0,02	80,17	36,70	41,20	0,75	13,80
	9		20189,81	96,91	0,03	80,17	52,04	58,42	0,52	26,97
	10		20189,81	261,12	0,08	80,17	73,31	82,30	0,13	8,84
vegetação escura	11	865,85	20189,81	245,82	0,08	80,17	41,17	46,22	0,69	12,77
	12		20189,81	2900,49	0,90	80,17	19,11	21,45	0,93	180,57
	13		20189,81	63,67	0,02	80,17	43,43	48,76	0,66	3,38
	14		20189,81	166,87	0,05	80,17	61,41	68,94	0,36	2,82
vegetação clara	15	2017,14	20189,81	89,50	0,03	80,17	53,37	59,91	0,50	8,62
	16		20189,81	2691,21	0,84	80,17	39,15	43,95	0,72	461,00
	17		20189,81	576,59	0,18	80,17	69,51	78,03	0,21	23,65
Piso	18	2441,61	20189,81	3149,63	0,98	80,17	68,66	77,08	0,22	135,89
	19		20189,81	4,92	0,00	80,17	15,87	17,82	0,95	0,75
	20		20189,81	6,18	0,00	80,17	4,50	5,05	1,00	1,18
	21		20189,81	172,41	0,05	80,17	39,29	44,11	0,72	26,49

Planilha 4 – Medição do dia 29 de Maio às 9:15h – Imagem 2

	Áreas de análise	Lumâncias	Área total (St)	Área porção (S)	Ângulo Sólido (S.A)	Raio do plano (R)	Vetor da área analisada (R')	Ângulo do cosseno diretor (θ)	cosθ	Iluminação (E)
parcela da aboboda	1	<b>22648,00</b>	22657,94	1476,71	<b>0,41</b>	84,92	71,46	<b>75,74</b>	0,25	<b>612,68</b>
	2		22657,94	3290,48	<b>0,91</b>	84,92	50,68	<b>53,71</b>	0,59	<b>2732,51</b>
	3		22657,94	3028,16	<b>0,84</b>	84,92	47,11	<b>49,93</b>	0,64	<b>3050,99</b>
	4		22657,94	1750,62	<b>0,49</b>	84,92	62,98	<b>66,75</b>	0,40	<b>1125,45</b>
edifício	5	<b>36420,85</b>	22657,94	130,15	<b>0,04</b>	84,92	80,97	<b>85,81</b>	0,07	<b>4,01</b>
	6		22657,94	225,25	<b>0,06</b>	84,92	71,58	<b>75,86</b>	0,24	<b>16,91</b>
	7		22657,94	504,90	<b>0,14</b>	84,92	18,43	<b>19,53</b>	0,94	<b>303,00</b>
	8		22657,94	202,88	<b>0,06</b>	84,92	39,24	<b>41,59</b>	0,75	<b>242,42</b>
	9		22657,94	44,31	<b>0,01</b>	84,92	65,39	<b>69,30</b>	0,35	<b>101,93</b>
	10		22657,94	1305,17	<b>0,36</b>	84,92	78,01	<b>82,68</b>	0,13	<b>104,36</b>
vegetação escura	11	<b>2519,65</b>	22657,94	4570,95	<b>1,27</b>	84,92	51,69	<b>54,78</b>	0,58	<b>437,16</b>
	12		22657,94	107,44	<b>0,03</b>	84,92	50,27	<b>53,28</b>	0,60	<b>3,87</b>
	13		22657,94	60,22	<b>0,02</b>	84,92	26,72	<b>28,32</b>	0,88	<b>6,30</b>
	14		22657,94	185,98	<b>0,05</b>	84,92	5,94	<b>6,30</b>	0,99	<b>31,13</b>
	15		22657,94	252,45	<b>0,07</b>	84,92	28,88	<b>30,61</b>	0,86	<b>40,30</b>
veg. clara	16	<b>1422,41</b>	22657,94	1761,93	<b>0,49</b>	84,92	39,18	<b>41,52</b>	0,75	<b>520,32</b>
Piso	17	<b>3907,28</b>	22657,94	271,38	<b>0,08</b>	84,92	25,71	<b>27,25</b>	0,89	<b>93,35</b>
	18		22657,94	3488,97	<b>0,97</b>	84,92	63,84	<b>67,66</b>	0,38	<b>923,84</b>

Planilha 5 – Medição do dia 30 de Maio às 16:10h – Imagem 1

	Áreas de análise	Lumâncias	Área total (St)	Área porção (S)	Ângulo Sólido (S.A)	Raio do plano (R)	Vetor da área analisada (R')	Ângulo do cosseno diretor (θ)	cosθ	Luminância (E)
parcela da aboboda	1	24241,60	20189,81	2017,59	0,63	80,17	62,61	70,29	0,34	2585,56
	2		20189,81	2685,29	0,84	80,17	47,13	52,91	0,60	3294,75
	3		20189,81	2906,59	0,90	80,17	47,55	53,38	0,60	1593,76
	4		20189,81	1251,24	0,39	80,17	67,43	75,70	0,25	244,56
edificação	5	9738,04	20189,81	396,93	0,12	80,17	66,60	74,77	0,26	44,80
	6		20189,81	104,86	0,03	80,17	40,92	45,94	0,70	15,37
	7		20189,81	324,50	0,10	80,17	13,36	15,00	0,97	40,03
	8		20189,81	76,84	0,02	80,17	36,70	41,20	0,75	9,27
	9		20189,81	96,91	0,03	80,17	52,04	58,42	0,52	80,14
	10		20189,81	261,12	0,08	80,17	73,31	82,30	0,13	18,30
vegetação escura	11	1573,56	20189,81	245,82	0,08	80,17	41,17	46,22	0,69	25,64
	12		20189,81	2900,49	0,90	80,17	19,11	21,45	0,93	248,61
	13		20189,81	63,67	0,02	80,17	43,43	48,76	0,66	3,62
	14		20189,81	166,87	0,05	80,17	61,41	68,94	0,36	9,63
vegetação clara	15	1622,91	20189,81	89,50	0,03	80,17	53,37	59,91	0,50	6,15
	16		20189,81	2691,21	0,84	80,17	39,15	43,95	0,72	339,80
	17		20189,81	576,59	0,18	80,17	69,51	78,03	0,21	23,04
Piso	18	1384,21	20189,81	3149,63	0,98	80,17	68,66	77,08	0,22	142,29
	19		20189,81	4,92	0,00	80,17	15,87	17,82	0,95	0,38
	20		20189,81	6,18	0,00	80,17	4,50	5,05	1,00	0,48
	21		20189,81	172,41	0,05	80,17	39,29	44,11	0,72	8,68

Planilha 6 – Medição do dia 30 de Maio às 16:10h – Imagem 2

	Áreas de análise	Lumâncias	Área total (St)	Área porção (S)	Ângulo Sólido (S.A)	Raio do plano (R)	Vetor da área analisada (R')	Ângulo do cosseno diretor (θ)	cosθ	Iluminação (E)
parcela da aboboda	1	<b>11179,00</b>	22657,94	1476,71	<b>0,41</b>	84,92	71,46	<b>75,74</b>	0,25	<b>256,54</b>
	2		22657,94	3290,48	<b>0,91</b>	84,92	50,68	<b>53,71</b>	0,59	<b>1530,81</b>
	3		22657,94	3028,16	<b>0,84</b>	84,92	47,11	<b>49,93</b>	0,64	<b>1496,09</b>
	4		22657,94	1750,62	<b>0,49</b>	84,92	62,98	<b>66,75</b>	0,40	<b>581,55</b>
edificação	5	<b>15276,63</b>	22657,94	130,15	<b>0,04</b>	84,92	80,97	<b>85,81</b>	0,07	<b>7,89</b>
	6		22657,94	225,25	<b>0,06</b>	84,92	71,58	<b>75,86</b>	0,24	<b>38,98</b>
	7		22657,94	504,90	<b>0,14</b>	84,92	18,43	<b>19,53</b>	0,94	<b>831,35</b>
	8		22657,94	202,88	<b>0,06</b>	84,92	39,24	<b>41,59</b>	0,75	<b>90,64</b>
	9		22657,94	44,31	<b>0,01</b>	84,92	65,39	<b>69,30</b>	0,35	<b>4,19</b>
	10		22657,94	1305,17	<b>0,36</b>	84,92	78,01	<b>82,68</b>	0,13	<b>14,15</b>
vegetação escura	11	<b>2192,95</b>	22657,94	4570,95	<b>1,27</b>	84,92	51,69	<b>54,78</b>	0,58	<b>273,17</b>
	12		22657,94	107,44	<b>0,03</b>	84,92	50,27	<b>53,28</b>	0,60	<b>2,04</b>
	13		22657,94	60,22	<b>0,02</b>	84,92	26,72	<b>28,32</b>	0,88	<b>2,73</b>
	14		22657,94	185,98	<b>0,05</b>	84,92	5,94	<b>6,30</b>	0,99	<b>42,22</b>
	15		22657,94	252,45	<b>0,07</b>	84,92	28,88	<b>30,61</b>	0,86	<b>41,88</b>
Veg. clara	16	<b>964,14</b>	22657,94	1761,93	<b>0,49</b>	84,92	39,18	<b>41,52</b>	0,75	<b>352,68</b>
Piso	17	<b>1338,40</b>	22657,94	271,38	<b>0,08</b>	84,92	25,71	<b>27,25</b>	0,89	<b>29,59</b>
	18		22657,94	3488,97	<b>0,97</b>	84,92	63,84	<b>67,66</b>	0,38	<b>329,55</b>

## APÊNDICE B – Tabelas da segunda etapa

Planilha 1 – Medição do dia 04 de Julho às 16:25h

Áreas de análise	Média das luminâncias	Área total (St)	Área porção (S)	Ângulo Sólido (S.A)	Raio do plano (R)	Vetor da área analisada (R')	Ângulo do cosseno diretor (θ)	cosθ	Luminância (E)
1	111,2	3,5255	0,0105	0,0187	1,0593	0,5228	44,418	0,71425	<b>1,49</b>
2	197	3,5255	0,0038	0,0068	1,0593	0,5887	50,017	0,64256	<b>0,86</b>
3	114,8	3,5255	0,0037	0,0066	1,0593	0,5708	48,4962	0,66267	<b>0,5</b>
4	166,4	3,5255	0,0073	0,013	1,0593	0,5328	45,2676	0,7038	<b>1,52</b>
5	176,5	3,5255	0,009	0,016	1,0593	0,4881	41,4698	0,7493	<b>2,12</b>
6	347	3,5255	0,0011	0,002	1,0593	0,4741	40,2804	0,76289	<b>0,52</b>
7	146,9	3,5255	0,0088	0,0157	1,0593	0,4678	39,7451	0,7689	<b>1,77</b>
8	176,4	3,5255	0,0101	0,018	1,0593	0,4183	35,5395	0,81371	<b>2,58</b>
9	118,7	3,5255	0,0065	0,0116	1,0593	0,4512	38,3348	0,7844	<b>1,08</b>
10	167,7	3,5255	0,0083	0,0148	1,0593	0,3948	33,5429	0,83347	<b>2,07</b>
11	240,4	3,5255	0,0152	0,0271	1,0593	0,5338	45,3526	0,70274	<b>4,58</b>
12	240,6	3,5255	0,0338	0,0602	1,0593	0,4745	40,3144	0,76251	<b>11,05</b>
13	313,67	3,5255	0,03	0,0535	1,0593	0,3876	32,9312	0,83932	<b>14,08</b>
14	1645	3,5255	0,0037	0,0066	1,0593	0,4338	36,8564	0,80014	<b>8,68</b>
15	1679	3,5255	0,0042	0,0075	1,0593	0,3934	33,424	0,83462	<b>10,49</b>
16	1326	3,5255	0,0056	0,01	1,0593	0,3586	30,4673	0,86192	<b>11,41</b>
17	1316	3,5255	0,006	0,0107	1,0593	0,3351	28,4707	0,87906	<b>12,37</b>
18	1738	3,5255	0,0056	0,01	1,0593	0,3337	28,3517	0,88005	<b>15,27</b>
19	2360	3,5255	0,0063	0,0112	1,0593	0,3845	32,6678	0,84181	<b>22,31</b>
20	1905	3,5255	0,0064	0,0114	1,0593	0,3298	28,0204	0,88278	<b>19,18</b>
21	1711	3,5255	0,0078	0,0139	1,0593	0,2871	24,3925	0,91074	<b>21,66</b>
22	2362	3,5255	0,0077	0,0137	1,0593	0,2566	21,8012	0,92848	<b>30,1</b>
23	3296	3,5255	0,0066	0,0118	1,0593	0,2615	22,2175	0,92576	<b>35,89</b>
24	2151	3,5255	0,0042	0,0075	1,0593	0,3463	29,4223	0,87102	<b>14,02</b>
25	2994	3,5255	0,0041	0,0073	1,0593	0,2831	24,0527	0,91317	<b>19,98</b>
26	2837	3,5255	0,0046	0,0082	1,0593	0,2262	19,2184	0,94427	<b>21,96</b>

27	2040	3,5255	0,005	0,0089	1,0593	0,1929	16,3891	0,95937	<b>17,44</b>
28	1992	3,5255	0,0059	0,0105	1,0593	0,1873	15,9133	0,96168	<b>20,14</b>
29	430,17	3,5255	0,0011	0,002	1,0593	0,3384	28,7511	0,87672	<b>0,74</b>
30	1379,5	3,5255	0,0015	0,0027	1,0593	0,2908	24,7069	0,90846	<b>3,35</b>
31	181,2	3,5255	0,0019	0,0034	1,0593	0,2306	19,5922	0,9421	<b>0,58</b>
32	1024	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,3399	28,8785	0,87565	<b>0,64</b>
33	5357	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2916	24,7749	0,90796	<b>6,07</b>
34	3949,5	3,5255	0,0021	0,0037	1,0593	0,331	28,1223	0,88194	<b>13,04</b>
35	1617	3,5255	0,0025	0,0045	1,0593	0,3034	25,7774	0,90049	<b>6,49</b>
36	4985	3,5255	0,0036	0,0064	1,0593	0,2653	22,5404	0,92361	<b>29,54</b>
37	1544	3,5255	0,0008	0,0014	1,0593	0,2384	20,2549	0,93816	<b>2,07</b>
38	1189,73	3,5255	0,0034	0,0061	1,0593	0,2139	18,1733	0,95012	<b>6,85</b>
39	435,47	3,5255	0,0026	0,0046	1,0593	0,2759	23,441	0,91747	<b>1,85</b>
40	1296	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,2017	17,1368	0,9556	<b>1,1</b>
41	1154,67	3,5255	0,0038	0,0068	1,0593	0,2582	21,9371	0,92759	<b>7,25</b>
42	1173,7	3,5255	0,0011	0,002	1,0593	0,2563	21,7757	0,92864	<b>2,14</b>
43	279,1	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,103	8,75106	0,98836	<b>0,34</b>
44	252,8	3,5255	0,0015	0,0027	1,0593	0,0347	2,94817	0,99868	<b>0,67</b>
45	954,43	3,5255	0,0025	0,0045	1,0593	0,1193	10,1359	0,98439	<b>4,19</b>
46	295,45	3,5255	0,0021	0,0037	1,0593	0,1333	11,3254	0,98053	<b>1,08</b>
47	252,6	3,5255	0,0041	0,0073	1,0593	0,0821	6,97536	0,9926	<b>1,83</b>
48	288,1	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,1858	15,7859	0,96228	<b>0,64</b>
49	250,1	3,5255	0,0026	0,0046	1,0593	0,1796	15,2591	0,96475	<b>1,12</b>
50	217,1	3,5255	0,0028	0,005	1,0593	0,1479	12,5659	0,97605	<b>1,06</b>
51	270,65	3,5255	0,0017	0,003	1,0593	0,1341	11,3934	0,98029	<b>0,8</b>
52	213,6	3,5255	0,0018	0,0032	1,0593	0,1757	14,9278	0,96625	<b>0,66</b>
53	219,9	3,5255	0,0028	0,005	1,0593	0,1415	12,0221	0,97807	<b>1,07</b>
54	222,7	3,5255	0,0033	0,0059	1,0593	0,1054	8,95497	0,98781	<b>1,29</b>
55	249,7	3,5255	0,0022	0,0039	1,0593	0,0898	7,62957	0,99115	<b>0,97</b>
56	136,15	3,5255	0,0023	0,0041	1,0593	0,1645	13,9762	0,9704	<b>0,54</b>
57	138,5	3,5255	0,0021	0,0037	1,0593	0,1215	10,3229	0,98381	<b>0,51</b>
58	205,85	3,5255	0,0034	0,0061	1,0593	0,0611	5,19116	0,9959	<b>1,24</b>

<b>59</b>	260	3,5255	0,0011	0,002	1,0593	0,0522	4,435	0,99701	<b>0,51</b>
<b>60</b>	411,8	3,5255	0,0035	0,0062	1,0593	0,2859	24,2906	0,91147	<b>2,34</b>
<b>61</b>	249,5	3,5255	0,0036	0,0064	1,0593	0,2042	17,3492	0,95451	<b>1,53</b>
<b>62</b>	144	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,1121	9,52421	0,98622	<b>0,33</b>
<b>63</b>	174,3	3,5255	0,003	0,0053	1,0593	0,1124	9,5497	0,98614	<b>0,92</b>
<b>64</b>	116,2	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,0097	0,82413	0,9999	<b>0,27</b>
<b>65</b>	128,3	3,5255	0,003	0,0053	1,0593	0,0187	1,58879	0,99962	<b>0,69</b>
<b>66</b>	186,8	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,0709	6,02379	0,99448	<b>0,43</b>
<b>67</b>	183,2	3,5255	0,0019	0,0034	1,0593	0,0703	5,97281	0,99457	<b>0,62</b>
<b>68</b>	404,9	3,5255	0,0015	0,0027	1,0593	0,2925	24,8513	0,9074	<b>0,98</b>
<b>69</b>	330,3	3,5255	0,0018	0,0032	1,0593	0,2098	17,825	0,952	<b>1,01</b>
<b>70</b>	165,3	3,5255	0,0024	0,0043	1,0593	0,1199	10,1869	0,98424	<b>0,7</b>
<b>71</b>	162,8	3,5255	0,0025	0,0045	1,0593	0,0489	4,15463	0,99737	<b>0,72</b>
<b>72</b>	156,5	3,5255	0,0017	0,003	1,0593	0,0821	6,97536	0,9926	<b>0,47</b>
<b>73</b>	375,4	3,5255	0,0014	0,0025	1,0593	0,2977	25,2931	0,90413	<b>0,85</b>
<b>74</b>	296	3,5255	0,0018	0,0032	1,0593	0,215	18,2668	0,94961	<b>0,9</b>
<b>75</b>	187,7	3,5255	0,0023	0,0041	1,0593	0,1331	11,3084	0,98059	<b>0,75</b>
<b>76</b>	182,3	3,5255	0,0023	0,0041	1,0593	0,072	6,11725	0,99431	<b>0,74</b>
<b>77</b>	169,1	3,5255	0,0016	0,0029	1,0593	0,0996	8,46219	0,98911	<b>0,48</b>
<b>78</b>	145,9	3,5255	0,0053	0,0094	1,0593	0,5548	47,1368	0,68025	<b>0,94</b>
<b>79</b>	294,1	3,5255	0,0138	0,0246	1,0593	0,4239	36,0153	0,80886	<b>5,85</b>
<b>80</b>	486,9	3,5255	0,0152	0,0271	1,0593	0,4783	40,6372	0,75885	<b>10,01</b>
<b>81</b>	635,3	3,5255	0,0017	0,003	1,0593	0,4798	40,7647	0,7574	<b>1,46</b>
<b>82</b>	824	3,5255	0,0107	0,0191	1,0593	0,416	35,3441	0,81569	<b>12,82</b>
<b>83</b>	794,8	3,5255	0,0068	0,0121	1,0593	0,3771	32,0391	0,84769	<b>8,17</b>
<b>84</b>	592,8	3,5255	0,0172	0,0307	1,0593	0,4443	37,7485	0,79071	<b>14,37</b>
<b>85</b>	403,4	3,5255	0,0079	0,0141	1,0593	0,536	45,5395	0,70042	<b>3,98</b>
<b>86</b>	739,8	3,5255	0,0189	0,0337	1,0593	0,4917	41,7757	0,74576	<b>18,58</b>
<b>87</b>	418,9	3,5255	0,0113	0,0201	1,0593	0,6028	51,215	0,6264	<b>5,28</b>
<b>88</b>	559,1	3,5255	0,0182	0,0324	1,0593	0,5666	48,1393	0,66732	<b>12,1</b>
<b>89</b>	1022	3,5255	0,0028	0,005	1,0593	0,3824	32,4894	0,84349	<b>4,3</b>
<b>90</b>	987,1	3,5255	0,0028	0,005	1,0593	0,4125	35,0467	0,81868	<b>4,03</b>

<b>91</b>	1004	3,5255	0,0016	0,0029	1,0593	0,4433	37,6636	0,79161	<b>2,27</b>
<b>92</b>	2033	3,5255	0,0027	0,0048	1,0593	0,3354	28,4962	0,87885	<b>8,6</b>
<b>93</b>	1811	3,5255	0,0038	0,0068	1,0593	0,37	31,4359	0,85322	<b>10,46</b>
<b>94</b>	2291	3,5255	0,0031	0,0055	1,0593	0,4103	34,8598	0,82055	<b>10,39</b>
<b>95</b>	3801	3,5255	0,0019	0,0034	1,0593	0,2946	25,0297	0,90609	<b>11,66</b>
<b>96</b>	2666	3,5255	0,003	0,0053	1,0593	0,3326	28,2583	0,88082	<b>12,56</b>
<b>97</b>	2675	3,5255	0,0024	0,0043	1,0593	0,3788	32,1835	0,84635	<b>9,68</b>
<b>98</b>	3222	3,5255	0,0014	0,0025	1,0593	0,2676	22,7358	0,9223	<b>7,41</b>
<b>99</b>	3217	3,5255	0,002	0,0036	1,0593	0,3124	26,5421	0,89461	<b>10,26</b>
<b>100</b>	3086	3,5255	0,0021	0,0037	1,0593	0,3601	30,5947	0,86079	<b>9,94</b>
<b>101</b>	5224,33	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,2573	21,8607	0,92809	<b>2,59</b>
<b>102</b>	9804	3,5255	0,0012	0,0021	1,0593	0,2382	20,2379	0,93826	<b>19,67</b>
<b>103</b>	9811	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,2916	24,7749	0,90796	<b>4,76</b>
<b>104</b>	11110	3,5255	0,0006	0,0011	1,0593	0,2887	24,5285	0,90976	<b>10,81</b>
<b>105</b>	2821	3,5255	0,0001	0,0002	1,0593	0,2654	22,5489	0,92355	<b>0,46</b>
<b>106</b>	2821	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,2581	21,9286	0,92765	<b>1,87</b>
<b>107</b>	10820	3,5255	0,0024	0,0043	1,0593	0,2868	24,367	0,91092	<b>42,16</b>
<b>108</b>	4634	3,5255	0,0002	0,0004	1,0593	0,3299	28,0289	0,88271	<b>1,46</b>
<b>109</b>	4887	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,3528	29,9745	0,86625	<b>2,26</b>
<b>110</b>	9894	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,3674	31,215	0,85523	<b>4,52</b>
<b>111</b>	1382,5	3,5255	0,0009	0,0016	1,0593	0,3226	27,4087	0,88775	<b>1,97</b>
<b>112</b>	1019	3,5255	0,0009	0,0016	1,0593	0,1557	13,2286	0,97347	<b>1,59</b>
<b>113</b>	1130	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,3285	27,9099	0,88368	<b>0,71</b>
<b>114</b>	1129	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,3437	29,2014	0,87291	<b>0,7</b>
<b>115</b>	800,4	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,244	20,7307	0,93525	<b>0,67</b>
<b>116</b>	830,1	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2263	19,2269	0,94422	<b>0,98</b>
<b>117</b>	612	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2204	18,7256	0,94707	<b>0,72</b>
<b>118</b>	680	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2466	20,9516	0,93388	<b>0,79</b>
<b>119</b>	750,3	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,2806	23,8403	0,91468	<b>0,49</b>
<b>120</b>	709,1	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,275	23,3645	0,918	<b>0,46</b>
<b>121</b>	1005	3,5255	0,0006	0,0011	1,0593	0,3314	28,1563	0,88166	<b>0,95</b>
<b>122</b>	515,4	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,3552	30,1784	0,86446	<b>0,4</b>

<b>123</b>	696,9	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,2665	22,6423	0,92293	<b>0,34</b>
<b>124</b>	1289	3,5255	0,001	0,0018	1,0593	0,2955	25,1062	0,90552	<b>2,08</b>
<b>125</b>	1301	3,5255	0,0012	0,0021	1,0593	0,3388	28,7851	0,87643	<b>2,44</b>
<b>126</b>	1047	3,5255	0,0008	0,0014	1,0593	0,2925	24,8513	0,9074	<b>1,35</b>
<b>127</b>	519	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,3409	28,9635	0,87493	<b>1,05</b>
<b>128</b>	501,9	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2204	18,7256	0,94707	<b>0,59</b>
<b>129</b>	1442	3,5255	0,0006	0,0011	1,0593	0,2437	20,7052	0,93541	<b>1,44</b>
<b>130</b>	930,1	3,5255	0,0006	0,0011	1,0593	0,2657	22,5743	0,92338	<b>0,92</b>
<b>131</b>	1169	3,5255	0,0017	0,003	1,0593	0,2303	19,5667	0,94225	<b>3,34</b>
<b>132</b>	1670	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,2727	23,1691	0,91935	<b>3,56</b>
<b>133</b>	730,3	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,3122	26,5251	0,89474	<b>0,58</b>
<b>134</b>	626,9	3,5255	0,0014	0,0025	1,0593	0,323	27,4427	0,88747	<b>1,39</b>
<b>135</b>	1169	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,2332	19,8131	0,9408	<b>2,55</b>
<b>136</b>	1234	3,5255	0,001	0,0018	1,0593	0,2759	23,441	0,91747	<b>2,02</b>
<b>139</b>	298,7	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2807	23,8488	0,91462	<b>0,34</b>
<b>140</b>	1944	3,5255	0,001	0,0018	1,0593	0,3296	28,0034	0,88292	<b>3,06</b>
<b>141</b>	389	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,2409	20,4673	0,93687	<b>0,32</b>
<b>142</b>	371,9	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,2839	24,1207	0,91269	<b>0,24</b>
<b>143</b>	284,9	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,3324	28,2413	0,88096	<b>0,13</b>

Planilha 2 – Medição do dia 10 de Agosto às 15:28h

Áreas de análise	média das luminâncias	Área total (St)	Área porção (S)	Ângulo Sólido (S.A)	Raio do plano (R)	Vetor da área analisada (R')	Ângulo do cosseno diretor (θ)	cosθ	Iluminância (E)
1	354,6	3,5255	0,0105	0,0187	1,0593	0,5228	44,418	0,71425	<b>4,74</b>
2	817	3,5255	0,0038	0,0068	1,0593	0,5887	50,017	0,64256	<b>3,56</b>
3	661,95	3,5255	0,0037	0,0066	1,0593	0,5708	48,4962	0,66267	<b>2,89</b>
4	673,8	3,5255	0,0073	0,013	1,0593	0,5328	45,2676	0,7038	<b>6,17</b>
5	964,4	3,5255	0,009	0,016	1,0593	0,4881	41,4698	0,7493	<b>11,59</b>
6	1155	3,5255	0,0011	0,002	1,0593	0,4741	40,2804	0,76289	<b>1,73</b>
7	728,1	3,5255	0,0088	0,0157	1,0593	0,4678	39,7451	0,7689	<b>8,78</b>
8	1089	3,5255	0,0101	0,018	1,0593	0,4183	35,5395	0,81371	<b>15,95</b>
9	841	3,5255	0,0065	0,0116	1,0593	0,4512	38,3348	0,7844	<b>7,64</b>
10	1437	3,5255	0,0083	0,0148	1,0593	0,3948	33,5429	0,83347	<b>17,72</b>
11	973,05	3,5255	0,0152	0,0271	1,0593	0,5338	45,3526	0,70274	<b>18,52</b>
12	1112,33	3,5255	0,0338	0,0602	1,0593	0,4745	40,3144	0,76251	<b>51,09</b>
13	1383,5	3,5255	0,03	0,0535	1,0593	0,3876	32,9312	0,83932	<b>62,09</b>
14	3976,5	3,5255	0,0037	0,0066	1,0593	0,4338	36,8564	0,80014	<b>20,98</b>
15	4044	3,5255	0,0042	0,0075	1,0593	0,3934	33,424	0,83462	<b>25,26</b>
16	4048,5	3,5255	0,0056	0,01	1,0593	0,3586	30,4673	0,86192	<b>34,83</b>
17	3376	3,5255	0,006	0,0107	1,0593	0,3351	28,4707	0,87906	<b>31,73</b>
18	3478,5	3,5255	0,0056	0,01	1,0593	0,3337	28,3517	0,88005	<b>30,55</b>
19	3298	3,5255	0,0063	0,0112	1,0593	0,3845	32,6678	0,84181	<b>31,17</b>
20	4095,33	3,5255	0,0064	0,0114	1,0593	0,3298	28,0204	0,88278	<b>41,24</b>
21	4169	3,5255	0,0078	0,0139	1,0593	0,2871	24,3925	0,91074	<b>52,78</b>
22	2985,33	3,5255	0,0077	0,0137	1,0593	0,2566	21,8012	0,92848	<b>38,04</b>
23	3211	3,5255	0,0066	0,0118	1,0593	0,2615	22,2175	0,92576	<b>34,97</b>
24	3219	3,5255	0,0042	0,0075	1,0593	0,3463	29,4223	0,87102	<b>20,99</b>
25	3236	3,5255	0,0041	0,0073	1,0593	0,2831	24,0527	0,91317	<b>21,59</b>
26	3242	3,5255	0,0046	0,0082	1,0593	0,2262	19,2184	0,94427	<b>25,1</b>
27	3269	3,5255	0,005	0,0089	1,0593	0,1929	16,3891	0,95937	<b>27,95</b>

28	3334	3,5255	0,0059	0,0105	1,0593	0,1873	15,9133	0,96168	<b>33,71</b>
29	1785	3,5255	0,0011	0,002	1,0593	0,3384	28,7511	0,87672	<b>3,07</b>
30	1189,25	3,5255	0,0015	0,0027	1,0593	0,2908	24,7069	0,90846	<b>2,89</b>
31	2143	3,5255	0,0019	0,0034	1,0593	0,2306	19,5922	0,9421	<b>6,84</b>
32	1486	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,3399	28,8785	0,87565	<b>0,93</b>
33	2601	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2916	24,7749	0,90796	<b>2,95</b>
34	2637,53	3,5255	0,0021	0,0037	1,0593	0,331	28,1223	0,88194	<b>8,71</b>
35	1422	3,5255	0,0025	0,0045	1,0593	0,3034	25,7774	0,90049	<b>5,71</b>
36	4928,67	3,5255	0,0036	0,0064	1,0593	0,2653	22,5404	0,92361	<b>29,21</b>
37	1581,5	3,5255	0,0008	0,0014	1,0593	0,2384	20,2549	0,93816	<b>2,12</b>
38	1674,28	3,5255	0,0034	0,0061	1,0593	0,2139	18,1733	0,95012	<b>9,64</b>
39	914	3,5255	0,0026	0,0046	1,0593	0,2759	23,441	0,91747	<b>3,89</b>
40	363,3	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,2017	17,1368	0,9556	<b>0,31</b>
41	720,07	3,5255	0,0038	0,0068	1,0593	0,2582	21,9371	0,92759	<b>4,52</b>
42	1101,85	3,5255	0,0011	0,002	1,0593	0,2563	21,7757	0,92864	<b>2,01</b>
43	1235	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,103	8,75106	0,98836	<b>1,52</b>
44	1186	3,5255	0,0015	0,0027	1,0593	0,0347	2,94817	0,99868	<b>3,17</b>
45	1360,43	3,5255	0,0025	0,0045	1,0593	0,1193	10,1359	0,98439	<b>5,97</b>
46	1083	3,5255	0,0021	0,0037	1,0593	0,1333	11,3254	0,98053	<b>3,97</b>
47	598,55	3,5255	0,0041	0,0073	1,0593	0,0821	6,97536	0,9926	<b>4,34</b>
48	1409	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,1858	15,7859	0,96228	<b>3,14</b>
49	1304,5	3,5255	0,0026	0,0046	1,0593	0,1796	15,2591	0,96475	<b>5,83</b>
50	1158	3,5255	0,0028	0,005	1,0593	0,1479	12,5659	0,97605	<b>5,64</b>
51	1288,5	3,5255	0,0017	0,003	1,0593	0,1341	11,3934	0,98029	<b>3,83</b>
52	1154	3,5255	0,0018	0,0032	1,0593	0,1757	14,9278	0,96625	<b>3,58</b>
53	1335,5	3,5255	0,0028	0,005	1,0593	0,1415	12,0221	0,97807	<b>6,52</b>
54	1203,5	3,5255	0,0033	0,0059	1,0593	0,1054	8,95497	0,98781	<b>6,99</b>
55	1456	3,5255	0,0022	0,0039	1,0593	0,0898	7,62957	0,99115	<b>5,66</b>
56	1236	3,5255	0,0023	0,0041	1,0593	0,1645	13,9762	0,9704	<b>4,92</b>
57	1232	3,5255	0,0021	0,0037	1,0593	0,1215	10,3229	0,98381	<b>4,54</b>
58	663,4	3,5255	0,0034	0,0061	1,0593	0,0611	5,19116	0,9959	<b>4</b>
59	436,1	3,5255	0,0011	0,002	1,0593	0,0522	4,435	0,99701	<b>0,85</b>

<b>60</b>	1081	3,5255	0,0035	0,0062	1,0593	0,2859	24,2906	0,91147	<b>6,15</b>
<b>61</b>	1072	3,5255	0,0036	0,0064	1,0593	0,2042	17,3492	0,95451	<b>6,56</b>
<b>62</b>	471,4	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,1121	9,52421	0,98622	<b>1,08</b>
<b>63</b>	1053	3,5255	0,003	0,0053	1,0593	0,1124	9,5497	0,98614	<b>5,55</b>
<b>64</b>	414,5	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,0097	0,82413	0,9999	<b>0,96</b>
<b>65</b>	1005	3,5255	0,003	0,0053	1,0593	0,0187	1,58879	0,99962	<b>5,37</b>
<b>66</b>	550	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,0709	6,02379	0,99448	<b>1,27</b>
<b>67</b>	785,4	3,5255	0,0019	0,0034	1,0593	0,0703	5,97281	0,99457	<b>2,65</b>
<b>68</b>	1389	3,5255	0,0015	0,0027	1,0593	0,2925	24,8513	0,9074	<b>3,37</b>
<b>69</b>	1976	3,5255	0,0018	0,0032	1,0593	0,2098	17,825	0,952	<b>6,03</b>
<b>70</b>	1601	3,5255	0,0024	0,0043	1,0593	0,1199	10,1869	0,98424	<b>6,74</b>
<b>71</b>	951,1	3,5255	0,0025	0,0045	1,0593	0,0489	4,15463	0,99737	<b>4,23</b>
<b>72</b>	783	3,5255	0,0017	0,003	1,0593	0,0821	6,97536	0,9926	<b>2,35</b>
<b>73</b>	1128	3,5255	0,0014	0,0025	1,0593	0,2977	25,2931	0,90413	<b>2,54</b>
<b>74</b>	1415	3,5255	0,0018	0,0032	1,0593	0,215	18,2668	0,94961	<b>4,31</b>
<b>75</b>	1749	3,5255	0,0023	0,0041	1,0593	0,1331	11,3084	0,98059	<b>7,03</b>
<b>76</b>	1210	3,5255	0,0023	0,0041	1,0593	0,072	6,11725	0,99431	<b>4,93</b>
<b>77</b>	843,7	3,5255	0,0016	0,0029	1,0593	0,0996	8,46219	0,98911	<b>2,38</b>
<b>78</b>	498,83	3,5255	0,0053	0,0094	1,0593	0,5548	47,1368	0,68025	<b>3,21</b>
<b>79</b>	884,63	3,5255	0,0138	0,0246	1,0593	0,4239	36,0153	0,80886	<b>17,6</b>
<b>80</b>	1015,33	3,5255	0,0152	0,0271	1,0593	0,4783	40,6372	0,75885	<b>20,87</b>
<b>81</b>	1628,5	3,5255	0,0017	0,003	1,0593	0,4798	40,7647	0,7574	<b>3,74</b>
<b>82</b>	1633,67	3,5255	0,0107	0,0191	1,0593	0,416	35,3441	0,81569	<b>25,41</b>
<b>83</b>	1573	3,5255	0,0068	0,0121	1,0593	0,3771	32,0391	0,84769	<b>16,16</b>
<b>84</b>	1471	3,5255	0,0172	0,0307	1,0593	0,4443	37,7485	0,79071	<b>35,65</b>
<b>85</b>	1207	3,5255	0,0079	0,0141	1,0593	0,536	45,5395	0,70042	<b>11,9</b>
<b>86</b>	1466,33	3,5255	0,0189	0,0337	1,0593	0,4917	41,7757	0,74576	<b>36,83</b>
<b>87</b>	970,15	3,5255	0,0113	0,0201	1,0593	0,6028	51,215	0,6264	<b>12,24</b>
<b>88</b>	1198,33	3,5255	0,0182	0,0324	1,0593	0,5666	48,1393	0,66732	<b>25,94</b>
<b>89</b>	2720	3,5255	0,0028	0,005	1,0593	0,3824	32,4894	0,84349	<b>11,45</b>
<b>90</b>	3779,5	3,5255	0,0028	0,005	1,0593	0,4125	35,0467	0,81868	<b>15,44</b>
<b>91</b>	2975	3,5255	0,0016	0,0029	1,0593	0,4433	37,6636	0,79161	<b>6,72</b>

<b>92</b>	3035,5	3,5255	0,0027	0,0048	1,0593	0,3354	28,4962	0,87885	<b>12,84</b>
<b>93</b>	4023,5	3,5255	0,0038	0,0068	1,0593	0,37	31,4359	0,85322	<b>23,25</b>
<b>94</b>	3845,5	3,5255	0,0031	0,0055	1,0593	0,4103	34,8598	0,82055	<b>17,43</b>
<b>95</b>	3790,5	3,5255	0,0019	0,0034	1,0593	0,2946	25,0297	0,90609	<b>11,63</b>
<b>96</b>	3702	3,5255	0,003	0,0053	1,0593	0,3326	28,2583	0,88082	<b>17,43</b>
<b>97</b>	3772,5	3,5255	0,0024	0,0043	1,0593	0,3788	32,1835	0,84635	<b>13,66</b>
<b>98</b>	3556,5	3,5255	0,0014	0,0025	1,0593	0,2676	22,7358	0,9223	<b>8,18</b>
<b>99</b>	3617	3,5255	0,002	0,0036	1,0593	0,3124	26,5421	0,89461	<b>11,53</b>
<b>100</b>	3826,5	3,5255	0,0021	0,0037	1,0593	0,3601	30,5947	0,86079	<b>12,33</b>
<b>101</b>	7952	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,2573	21,8607	0,92809	<b>3,95</b>
<b>102</b>	4242,67	3,5255	0,0012	0,0021	1,0593	0,2382	20,2379	0,93826	<b>8,51</b>
<b>103</b>	5605	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,2916	24,7749	0,90796	<b>2,72</b>
<b>104</b>	6844	3,5255	0,0006	0,0011	1,0593	0,2887	24,5285	0,90976	<b>6,66</b>
<b>105</b>	3816	3,5255	0,0001	0,0002	1,0593	0,2654	22,5489	0,92355	<b>0,63</b>
<b>106</b>	1380	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,2581	21,9286	0,92765	<b>0,91</b>
<b>107</b>	4790,75	3,5255	0,0024	0,0043	1,0593	0,2868	24,367	0,91092	<b>18,67</b>
<b>108</b>	2976	3,5255	0,0002	0,0004	1,0593	0,3299	28,0289	0,88271	<b>0,94</b>
<b>109</b>	3436	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,3528	29,9745	0,86625	<b>1,59</b>
<b>110</b>	5067	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,3674	31,215	0,85523	<b>2,32</b>
<b>111</b>	2159	3,5255	0,0009	0,0016	1,0593	0,3226	27,4087	0,88775	<b>3,07</b>
<b>112</b>	1118	3,5255	0,0009	0,0016	1,0593	0,1557	13,2286	0,97347	<b>1,75</b>
<b>113</b>	1254	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,3285	27,9099	0,88368	<b>0,79</b>
<b>114</b>	1290	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,3437	29,2014	0,87291	<b>0,8</b>
<b>115</b>	1498	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,244	20,7307	0,93525	<b>1,25</b>
<b>116</b>	1048	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2263	19,2269	0,94422	<b>1,23</b>
<b>117</b>	915,8	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2204	18,7256	0,94707	<b>1,08</b>
<b>118</b>	1167	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2466	20,9516	0,93388	<b>1,36</b>
<b>119</b>	1190	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,2806	23,8403	0,91468	<b>0,78</b>
<b>120</b>	1143	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,275	23,3645	0,918	<b>0,75</b>
<b>121</b>	1141	3,5255	0,0006	0,0011	1,0593	0,3314	28,1563	0,88166	<b>1,08</b>
<b>122</b>	983	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,3552	30,1784	0,86446	<b>0,76</b>
<b>123</b>	1162	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,2665	22,6423	0,92293	<b>0,57</b>

<b>124</b>	978,8	3,5255	0,001	0,0018	1,0593	0,2955	25,1062	0,90552	<b>1,58</b>
<b>125</b>	948,6	3,5255	0,0012	0,0021	1,0593	0,3388	28,7851	0,87643	<b>1,78</b>
<b>126</b>	1537	3,5255	0,0008	0,0014	1,0593	0,2925	24,8513	0,9074	<b>1,99</b>
<b>127</b>	397,5	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,3409	28,9635	0,87493	<b>0,81</b>
<b>128</b>	1507	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2204	18,7256	0,94707	<b>1,78</b>
<b>129</b>	1622	3,5255	0,0006	0,0011	1,0593	0,2437	20,7052	0,93541	<b>1,62</b>
<b>130</b>	1673	3,5255	0,0006	0,0011	1,0593	0,2657	22,5743	0,92338	<b>1,65</b>
<b>131</b>	1396	3,5255	0,0017	0,003	1,0593	0,2303	19,5667	0,94225	<b>3,99</b>
<b>132</b>	1689	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,2727	23,1691	0,91935	<b>3,6</b>
<b>133</b>	612,7	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,3122	26,5251	0,89474	<b>0,49</b>
<b>134</b>	1674	3,5255	0,0014	0,0025	1,0593	0,323	27,4427	0,88747	<b>3,71</b>
<b>135</b>	944,4	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,2332	19,8131	0,9408	<b>2,06</b>
<b>136</b>	868,9	3,5255	0,001	0,0018	1,0593	0,2759	23,441	0,91747	<b>1,42</b>
<b>137</b>	923,4	3,5255	0,0016	0,0029	1,0593	0,3271	27,791	0,88465	<b>2,33</b>
<b>138</b>	866,3	3,5255	0,0008	0,0014	1,0593	0,2369	20,1274	0,93893	<b>1,16</b>
<b>139</b>	888,3	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2807	23,8488	0,91462	<b>1,01</b>
<b>140</b>	825,2	3,5255	0,001	0,0018	1,0593	0,3296	28,0034	0,88292	<b>1,3</b>
<b>141</b>	1364	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,2409	20,4673	0,93687	<b>1,14</b>
<b>142</b>	814,9	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,2839	24,1207	0,91269	<b>0,53</b>
<b>143</b>	700,1	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,3324	28,2413	0,88096	<b>0,33</b>

Planilha 3 – Medição do dia 24 de Setembro às 11:17h

Áreas de análise	Média das luminâncias	Área total (St)	Área porção (S)	Ângulo Sólido (S.A)	Raio do plano (R)	Vetor da área analisada (R')	Ângulo do cosseno diretor (0)	cos0	Iluminância (E)
1	1276	3,5255	0,0105	0,0187	1,0593	0,5228	44,418	0,71425	<b>17,05</b>
2	1900	3,5255	0,0038	0,0068	1,0593	0,5887	50,017	0,64256	<b>8,27</b>
3	2204	3,5255	0,0037	0,0066	1,0593	0,5708	48,4962	0,66267	<b>9,63</b>
4	2091	3,5255	0,0073	0,013	1,0593	0,5328	45,2676	0,7038	<b>19,15</b>
5	2354	3,5255	0,009	0,016	1,0593	0,4881	41,4698	0,7493	<b>28,29</b>
6	2445	3,5255	0,0011	0,002	1,0593	0,4741	40,2804	0,76289	<b>3,66</b>
7	2162	3,5255	0,0088	0,0157	1,0593	0,4678	39,7451	0,7689	<b>26,07</b>
8	2475	3,5255	0,0101	0,018	1,0593	0,4183	35,5395	0,81371	<b>36,25</b>
9	2231	3,5255	0,0065	0,0116	1,0593	0,4512	38,3348	0,7844	<b>20,27</b>
10	2552	3,5255	0,0083	0,0148	1,0593	0,3948	33,5429	0,83347	<b>31,46</b>
11	2122,5	3,5255	0,0152	0,0271	1,0593	0,5338	45,3526	0,70274	<b>40,41</b>
12	2087,67	3,5255	0,0338	0,0602	1,0593	0,4745	40,3144	0,76251	<b>95,89</b>
13	2368	3,5255	0,03	0,0535	1,0593	0,3876	32,9312	0,83932	<b>106,27</b>
14	6799,5	3,5255	0,0037	0,0066	1,0593	0,4338	36,8564	0,80014	<b>35,88</b>
15	11662	3,5255	0,0042	0,0075	1,0593	0,3934	33,424	0,83462	<b>72,86</b>
16	11585	3,5255	0,0056	0,01	1,0593	0,3586	30,4673	0,86192	<b>99,66</b>
17	9427,5	3,5255	0,006	0,0107	1,0593	0,3351	28,4707	0,87906	<b>88,62</b>
18	5026	3,5255	0,0056	0,01	1,0593	0,3337	28,3517	0,88005	<b>44,14</b>
19	7701,67	3,5255	0,0063	0,0112	1,0593	0,3845	32,6678	0,84181	<b>72,79</b>
20	7740,67	3,5255	0,0064	0,0114	1,0593	0,3298	28,0204	0,88278	<b>77,94</b>
21	8148,33	3,5255	0,0078	0,0139	1,0593	0,2871	24,3925	0,91074	<b>103,16</b>
22	7245,67	3,5255	0,0077	0,0137	1,0593	0,2566	21,8012	0,92848	<b>92,32</b>
23	4485,5	3,5255	0,0066	0,0118	1,0593	0,2615	22,2175	0,92576	<b>48,84</b>
24	9236	3,5255	0,0042	0,0075	1,0593	0,3463	29,4223	0,87102	<b>60,22</b>
25	8500,5	3,5255	0,0041	0,0073	1,0593	0,2831	24,0527	0,91317	<b>56,72</b>
26	8035,5	3,5255	0,0046	0,0082	1,0593	0,2262	19,2184	0,94427	<b>62,21</b>
27	8101	3,5255	0,005	0,0089	1,0593	0,1929	16,3891	0,95937	<b>69,26</b>

28	8943	3,5255	0,0059	0,0105	1,0593	0,1873	15,9133	0,96168	<b>90,43</b>
29	2956,33	3,5255	0,0011	0,002	1,0593	0,3384	28,7511	0,87672	<b>5,08</b>
30	1613	3,5255	0,0015	0,0027	1,0593	0,2908	24,7069	0,90846	<b>3,92</b>
31	2923	3,5255	0,0019	0,0034	1,0593	0,2306	19,5922	0,9421	<b>9,32</b>
32	1505	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,3399	28,8785	0,87565	<b>0,94</b>
33	2663	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2916	24,7749	0,90796	<b>3,02</b>
34	2563,33	3,5255	0,0021	0,0037	1,0593	0,331	28,1223	0,88194	<b>8,46</b>
35	1089,3	3,5255	0,0025	0,0045	1,0593	0,3034	25,7774	0,90049	<b>4,37</b>
36	3726,4	3,5255	0,0036	0,0064	1,0593	0,2653	22,5404	0,92361	<b>22,08</b>
37	1078,4	3,5255	0,0008	0,0014	1,0593	0,2384	20,2549	0,93816	<b>1,44</b>
38	3517,5	3,5255	0,0034	0,0061	1,0593	0,2139	18,1733	0,95012	<b>20,25</b>
39	1116,03	3,5255	0,0026	0,0046	1,0593	0,2759	23,441	0,91747	<b>4,74</b>
40	1303	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,2017	17,1368	0,9556	<b>1,11</b>
41	682,37	3,5255	0,0038	0,0068	1,0593	0,2582	21,9371	0,92759	<b>4,29</b>
42	1582	3,5255	0,0011	0,002	1,0593	0,2563	21,7757	0,92864	<b>2,88</b>
43	2655	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,103	8,75106	0,98836	<b>3,27</b>
44	1561	3,5255	0,0015	0,0027	1,0593	0,0347	2,94817	0,99868	<b>4,17</b>
45	1540	3,5255	0,0025	0,0045	1,0593	0,1193	10,1359	0,98439	<b>6,75</b>
46	1582	3,5255	0,0021	0,0037	1,0593	0,1333	11,3254	0,98053	<b>5,81</b>
47	1230,5	3,5255	0,0041	0,0073	1,0593	0,0821	6,97536	0,9926	<b>8,92</b>
48	3301	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,1858	15,7859	0,96228	<b>7,36</b>
49	1986,5	3,5255	0,0026	0,0046	1,0593	0,1796	15,2591	0,96475	<b>8,88</b>
50	1503	3,5255	0,0028	0,005	1,0593	0,1479	12,5659	0,97605	<b>7,32</b>
51	1939	3,5255	0,0017	0,003	1,0593	0,1341	11,3934	0,98029	<b>5,76</b>
52	1626	3,5255	0,0018	0,0032	1,0593	0,1757	14,9278	0,96625	<b>5,04</b>
53	1565,5	3,5255	0,0028	0,005	1,0593	0,1415	12,0221	0,97807	<b>7,64</b>
54	1562,5	3,5255	0,0033	0,0059	1,0593	0,1054	8,95497	0,98781	<b>9,08</b>
55	1662	3,5255	0,0022	0,0039	1,0593	0,0898	7,62957	0,99115	<b>6,46</b>
56	1611	3,5255	0,0023	0,0041	1,0593	0,1645	13,9762	0,9704	<b>6,41</b>
57	1728	3,5255	0,0021	0,0037	1,0593	0,1215	10,3229	0,98381	<b>6,36</b>
58	875,4	3,5255	0,0034	0,0061	1,0593	0,0611	5,19116	0,9959	<b>5,28</b>
59	813,7	3,5255	0,0011	0,002	1,0593	0,0522	4,435	0,99701	<b>1,59</b>

<b>60</b>	2244	3,5255	0,0035	0,0062	1,0593	0,2859	24,2906	0,91147	<b>12,76</b>
<b>61</b>	2879	3,5255	0,0036	0,0064	1,0593	0,2042	17,3492	0,95451	<b>17,63</b>
<b>62</b>	1375	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,1121	9,52421	0,98622	<b>3,14</b>
<b>63</b>	1693	3,5255	0,003	0,0053	1,0593	0,1124	9,5497	0,98614	<b>8,93</b>
<b>64</b>	600,4	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,0097	0,82413	0,9999	<b>1,39</b>
<b>65</b>	1535	3,5255	0,003	0,0053	1,0593	0,0187	1,58879	0,99962	<b>8,2</b>
<b>66</b>	967,8	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,0709	6,02379	0,99448	<b>2,23</b>
<b>67</b>	1279	3,5255	0,0019	0,0034	1,0593	0,0703	5,97281	0,99457	<b>4,31</b>
<b>68</b>	2093	3,5255	0,0015	0,0027	1,0593	0,2925	24,8513	0,9074	<b>5,08</b>
<b>69</b>	1979	3,5255	0,0018	0,0032	1,0593	0,2098	17,825	0,952	<b>6,04</b>
<b>70</b>	830,4	3,5255	0,0024	0,0043	1,0593	0,1199	10,1869	0,98424	<b>3,5</b>
<b>71</b>	1786	3,5255	0,0025	0,0045	1,0593	0,0489	4,15463	0,99737	<b>7,94</b>
<b>72</b>	2161	3,5255	0,0017	0,003	1,0593	0,0821	6,97536	0,9926	<b>6,5</b>
<b>73</b>	2068	3,5255	0,0014	0,0025	1,0593	0,2977	25,2931	0,90413	<b>4,67</b>
<b>74</b>	1654	3,5255	0,0018	0,0032	1,0593	0,215	18,2668	0,94961	<b>5,04</b>
<b>75</b>	656,5	3,5255	0,0023	0,0041	1,0593	0,1331	11,3084	0,98059	<b>2,64</b>
<b>76</b>	2170	3,5255	0,0023	0,0041	1,0593	0,072	6,11725	0,99431	<b>8,84</b>
<b>77</b>	2371	3,5255	0,0016	0,0029	1,0593	0,0996	8,46219	0,98911	<b>6,69</b>
<b>78</b>	885,63	3,5255	0,0053	0,0094	1,0593	0,5548	47,1368	0,68025	<b>5,69</b>
<b>79</b>	1911,67	3,5255	0,0138	0,0246	1,0593	0,4239	36,0153	0,80886	<b>38,03</b>
<b>80</b>	1892	3,5255	0,0152	0,0271	1,0593	0,4783	40,6372	0,75885	<b>38,89</b>
<b>81</b>	2295,5	3,5255	0,0017	0,003	1,0593	0,4798	40,7647	0,7574	<b>5,27</b>
<b>82</b>	2844,33	3,5255	0,0107	0,0191	1,0593	0,416	35,3441	0,81569	<b>44,24</b>
<b>83</b>	2880	3,5255	0,0068	0,0121	1,0593	0,3771	32,0391	0,84769	<b>29,59</b>
<b>84</b>	2685,33	3,5255	0,0172	0,0307	1,0593	0,4443	37,7485	0,79071	<b>65,09</b>
<b>85</b>	2236,5	3,5255	0,0079	0,0141	1,0593	0,536	45,5395	0,70042	<b>22,06</b>
<b>86</b>	2058,33	3,5255	0,0189	0,0337	1,0593	0,4917	41,7757	0,74576	<b>51,71</b>
<b>87</b>	1716	3,5255	0,0113	0,0201	1,0593	0,6028	51,215	0,6264	<b>21,65</b>
<b>88</b>	1646,67	3,5255	0,0182	0,0324	1,0593	0,5666	48,1393	0,66732	<b>35,64</b>
<b>89</b>	4082,5	3,5255	0,0028	0,005	1,0593	0,3824	32,4894	0,84349	<b>17,18</b>
<b>90</b>	3601	3,5255	0,0028	0,005	1,0593	0,4125	35,0467	0,81868	<b>14,71</b>
<b>91</b>	2899,5	3,5255	0,0016	0,0029	1,0593	0,4433	37,6636	0,79161	<b>6,55</b>

<b>92</b>	3964	3,5255	0,0027	0,0048	1,0593	0,3354	28,4962	0,87885	<b>16,76</b>
<b>93</b>	4073,5	3,5255	0,0038	0,0068	1,0593	0,37	31,4359	0,85322	<b>23,54</b>
<b>94</b>	5204,5	3,5255	0,0031	0,0055	1,0593	0,4103	34,8598	0,82055	<b>23,59</b>
<b>95</b>	7528,5	3,5255	0,0019	0,0034	1,0593	0,2946	25,0297	0,90609	<b>23,1</b>
<b>96</b>	10705	3,5255	0,003	0,0053	1,0593	0,3326	28,2583	0,88082	<b>50,41</b>
<b>97</b>	7743	3,5255	0,0024	0,0043	1,0593	0,3788	32,1835	0,84635	<b>28,03</b>
<b>98</b>	6854	3,5255	0,0014	0,0025	1,0593	0,2676	22,7358	0,9223	<b>15,77</b>
<b>99</b>	6494,5	3,5255	0,002	0,0036	1,0593	0,3124	26,5421	0,89461	<b>20,71</b>
<b>100</b>	6705,5	3,5255	0,0021	0,0037	1,0593	0,3601	30,5947	0,86079	<b>21,6</b>
<b>101</b>	1841	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,2573	21,8607	0,92809	<b>0,91</b>
<b>102</b>	6384,33	3,5255	0,0012	0,0021	1,0593	0,2382	20,2379	0,93826	<b>12,81</b>
<b>103</b>	3803	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,2916	24,7749	0,90796	<b>1,85</b>
<b>104</b>	3963	3,5255	0,0006	0,0011	1,0593	0,2887	24,5285	0,90976	<b>3,86</b>
<b>105</b>	5520	3,5255	0,0001	0,0002	1,0593	0,2654	22,5489	0,92355	<b>0,91</b>
<b>106</b>	6065	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,2581	21,9286	0,92765	<b>4,01</b>
<b>107</b>	3094,75	3,5255	0,0024	0,0043	1,0593	0,2868	24,367	0,91092	<b>12,06</b>
<b>108</b>	2040	3,5255	0,0002	0,0004	1,0593	0,3299	28,0289	0,88271	<b>0,64</b>
<b>109</b>	2184	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,3528	29,9745	0,86625	<b>1,01</b>
<b>110</b>	3501	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,3674	31,215	0,85523	<b>1,6</b>
<b>111</b>	1643	3,5255	0,0009	0,0016	1,0593	0,3226	27,4087	0,88775	<b>2,34</b>
<b>112</b>	1170	3,5255	0,0009	0,0016	1,0593	0,1557	13,2286	0,97347	<b>1,83</b>
<b>113</b>	969,1	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,3285	27,9099	0,88368	<b>0,61</b>
<b>114</b>	912,9	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,3437	29,2014	0,87291	<b>0,57</b>
<b>115</b>	957,2	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,244	20,7307	0,93525	<b>0,8</b>
<b>116</b>	450,5	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2263	19,2269	0,94422	<b>0,53</b>
<b>117</b>	353	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2204	18,7256	0,94707	<b>0,42</b>
<b>118</b>	337,4	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2466	20,9516	0,93388	<b>0,39</b>
<b>119</b>	500,5	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,2806	23,8403	0,91468	<b>0,33</b>
<b>120</b>	418,1	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,275	23,3645	0,918	<b>0,27</b>
<b>121</b>	474,9	3,5255	0,0006	0,0011	1,0593	0,3314	28,1563	0,88166	<b>0,45</b>
<b>122</b>	595,1	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,3552	30,1784	0,86446	<b>0,46</b>
<b>123</b>	495,2	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,2665	22,6423	0,92293	<b>0,24</b>

<b>124</b>	565,1	3,5255	0,001	0,0018	1,0593	0,2955	25,1062	0,90552	<b>0,91</b>
<b>125</b>	385,1	3,5255	0,0012	0,0021	1,0593	0,3388	28,7851	0,87643	<b>0,72</b>
<b>126</b>	2636	3,5255	0,0008	0,0014	1,0593	0,2925	24,8513	0,9074	<b>3,41</b>
<b>127</b>	585,1	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,3409	28,9635	0,87493	<b>1,19</b>
<b>128</b>	2117	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2204	18,7256	0,94707	<b>2,5</b>
<b>129</b>	2485	3,5255	0,0006	0,0011	1,0593	0,2437	20,7052	0,93541	<b>2,49</b>
<b>130</b>	2616	3,5255	0,0006	0,0011	1,0593	0,2657	22,5743	0,92338	<b>2,58</b>
<b>131</b>	2293	3,5255	0,0017	0,003	1,0593	0,2303	19,5667	0,94225	<b>6,55</b>
<b>132</b>	2131	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,2727	23,1691	0,91935	<b>4,54</b>
<b>133</b>	1992	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,3122	26,5251	0,89474	<b>1,59</b>
<b>134</b>	2126	3,5255	0,0014	0,0025	1,0593	0,323	27,4427	0,88747	<b>4,71</b>
<b>135</b>	2611	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,2332	19,8131	0,9408	<b>5,69</b>
<b>136</b>	2570	3,5255	0,001	0,0018	1,0593	0,2759	23,441	0,91747	<b>4,2</b>
<b>137</b>	2516	3,5255	0,0016	0,0029	1,0593	0,3271	27,791	0,88465	<b>6,35</b>
<b>138</b>	2373	3,5255	0,0008	0,0014	1,0593	0,2369	20,1274	0,93893	<b>3,18</b>
<b>139</b>	2580	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2807	23,8488	0,91462	<b>2,94</b>
<b>140</b>	2626	3,5255	0,001	0,0018	1,0593	0,3296	28,0034	0,88292	<b>4,13</b>
<b>141</b>	2410	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,2409	20,4673	0,93687	<b>2,01</b>
<b>142</b>	2254	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,2839	24,1207	0,91269	<b>1,47</b>
<b>143</b>	2089	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,3324	28,2413	0,88096	<b>0,98</b>

Planilha 4 – Medição do dia 02 de Outubro às 15:15h

Áreas de análise	média das luminâncias	Área total (St)	Área porção (S)	Ângulo Sólido (S.A)	Raio do plano (R)	Vetor da área analisada (R')	Ângulo do cosseno diretor (θ)	cosθ	Iluminância (E)
1	471,8	3,5255	0,0105	0,0187	1,0593	0,5228	44,418	0,71425	<b>6,31</b>
2	739	3,5255	0,0038	0,0068	1,0593	0,5887	50,017	0,64256	<b>3,22</b>
3	796,3	3,5255	0,0037	0,0066	1,0593	0,5708	48,4962	0,66267	<b>3,48</b>
4	766,4	3,5255	0,0073	0,013	1,0593	0,5328	45,2676	0,7038	<b>7,02</b>
5	910,2	3,5255	0,009	0,016	1,0593	0,4881	41,4698	0,7493	<b>10,94</b>
6	1625	3,5255	0,0011	0,002	1,0593	0,4741	40,2804	0,76289	<b>2,43</b>
7	768	3,5255	0,0088	0,0157	1,0593	0,4678	39,7451	0,7689	<b>9,26</b>
8	975,5	3,5255	0,0101	0,018	1,0593	0,4183	35,5395	0,81371	<b>14,29</b>
9	810,6	3,5255	0,0065	0,0116	1,0593	0,4512	38,3348	0,7844	<b>7,37</b>
10	1027	3,5255	0,0083	0,0148	1,0593	0,3948	33,5429	0,83347	<b>12,66</b>
11	1307,5	3,5255	0,0152	0,0271	1,0593	0,5338	45,3526	0,70274	<b>24,89</b>
12	1402,33	3,5255	0,0338	0,0602	1,0593	0,4745	40,3144	0,76251	<b>64,41</b>
13	1629,5	3,5255	0,03	0,0535	1,0593	0,3876	32,9312	0,83932	<b>73,12</b>
14	3529	3,5255	0,0037	0,0066	1,0593	0,4338	36,8564	0,80014	<b>18,62</b>
15	2922	3,5255	0,0042	0,0075	1,0593	0,3934	33,424	0,83462	<b>18,25</b>
16	3050	3,5255	0,0056	0,01	1,0593	0,3586	30,4673	0,86192	<b>26,24</b>
17	3922	3,5255	0,006	0,0107	1,0593	0,3351	28,4707	0,87906	<b>36,87</b>
18	4643	3,5255	0,0056	0,01	1,0593	0,3337	28,3517	0,88005	<b>40,78</b>
19	3291	3,5255	0,0063	0,0112	1,0593	0,3845	32,6678	0,84181	<b>31,11</b>
20	3408	3,5255	0,0064	0,0114	1,0593	0,3298	28,0204	0,88278	<b>34,32</b>
21	3286	3,5255	0,0078	0,0139	1,0593	0,2871	24,3925	0,91074	<b>41,6</b>
22	3333,67	3,5255	0,0077	0,0137	1,0593	0,2566	21,8012	0,92848	<b>42,48</b>
23	3661	3,5255	0,0066	0,0118	1,0593	0,2615	22,2175	0,92576	<b>39,87</b>
24	3686	3,5255	0,0042	0,0075	1,0593	0,3463	29,4223	0,87102	<b>24,03</b>
25	4375,5	3,5255	0,0041	0,0073	1,0593	0,2831	24,0527	0,91317	<b>29,2</b>
26	4012,5	3,5255	0,0046	0,0082	1,0593	0,2262	19,2184	0,94427	<b>31,06</b>
27	3559,5	3,5255	0,005	0,0089	1,0593	0,1929	16,3891	0,95937	<b>30,43</b>

28	3708,5	3,5255	0,0059	0,0105	1,0593	0,1873	15,9133	0,96168	<b>37,5</b>
29	1336,73	3,5255	0,0011	0,002	1,0593	0,3384	28,7511	0,87672	<b>2,3</b>
30	878,6	3,5255	0,0015	0,0027	1,0593	0,2908	24,7069	0,90846	<b>2,13</b>
31	967,1	3,5255	0,0019	0,0034	1,0593	0,2306	19,5922	0,9421	<b>3,09</b>
32	1438	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,3399	28,8785	0,87565	<b>0,9</b>
33	1524	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2916	24,7749	0,90796	<b>1,73</b>
34	2419,33	3,5255	0,0021	0,0037	1,0593	0,331	28,1223	0,88194	<b>7,99</b>
35	1024,75	3,5255	0,0025	0,0045	1,0593	0,3034	25,7774	0,90049	<b>4,11</b>
36	2345,07	3,5255	0,0036	0,0064	1,0593	0,2653	22,5404	0,92361	<b>13,9</b>
37	1166	3,5255	0,0008	0,0014	1,0593	0,2384	20,2549	0,93816	<b>1,56</b>
38	1175,23	3,5255	0,0034	0,0061	1,0593	0,2139	18,1733	0,95012	<b>6,77</b>
39	917,03	3,5255	0,0026	0,0046	1,0593	0,2759	23,441	0,91747	<b>3,9</b>
40	327,3	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,2017	17,1368	0,9556	<b>0,28</b>
41	571,93	3,5255	0,0038	0,0068	1,0593	0,2582	21,9371	0,92759	<b>3,59</b>
42	579,15	3,5255	0,0011	0,002	1,0593	0,2563	21,7757	0,92864	<b>1,05</b>
43	804,7	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,103	8,75106	0,98836	<b>0,99</b>
44	725,7	3,5255	0,0015	0,0027	1,0593	0,0347	2,94817	0,99868	<b>1,94</b>
45	819,9	3,5255	0,0025	0,0045	1,0593	0,1193	10,1359	0,98439	<b>3,6</b>
46	783,2	3,5255	0,0021	0,0037	1,0593	0,1333	11,3254	0,98053	<b>2,87</b>
47	415,7	3,5255	0,0041	0,0073	1,0593	0,0821	6,97536	0,9926	<b>3,02</b>
48	1549	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,1858	15,7859	0,96228	<b>3,45</b>
49	801,85	3,5255	0,0026	0,0046	1,0593	0,1796	15,2591	0,96475	<b>3,58</b>
50	711,6	3,5255	0,0028	0,005	1,0593	0,1479	12,5659	0,97605	<b>3,47</b>
51	812,25	3,5255	0,0017	0,003	1,0593	0,1341	11,3934	0,98029	<b>2,41</b>
52	743,3	3,5255	0,0018	0,0032	1,0593	0,1757	14,9278	0,96625	<b>2,3</b>
53	599,45	3,5255	0,0028	0,005	1,0593	0,1415	12,0221	0,97807	<b>2,93</b>
54	532,05	3,5255	0,0033	0,0059	1,0593	0,1054	8,95497	0,98781	<b>3,09</b>
55	639,4	3,5255	0,0022	0,0039	1,0593	0,0898	7,62957	0,99115	<b>2,48</b>
56	619,8	3,5255	0,0023	0,0041	1,0593	0,1645	13,9762	0,9704	<b>2,47</b>
57	872,8	3,5255	0,0021	0,0037	1,0593	0,1215	10,3229	0,98381	<b>3,21</b>
58	396,93	3,5255	0,0034	0,0061	1,0593	0,0611	5,19116	0,9959	<b>2,4</b>
59	432,5	3,5255	0,0011	0,002	1,0593	0,0522	4,435	0,99701	<b>0,85</b>

<b>60</b>	893,9	3,5255	0,0035	0,0062	1,0593	0,2859	24,2906	0,91147	<b>5,08</b>
<b>61</b>	782,2	3,5255	0,0036	0,0064	1,0593	0,2042	17,3492	0,95451	<b>4,79</b>
<b>62</b>	562,4	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,1121	9,52421	0,98622	<b>1,29</b>
<b>63</b>	778,6	3,5255	0,003	0,0053	1,0593	0,1124	9,5497	0,98614	<b>4,11</b>
<b>64</b>	498,9	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,0097	0,82413	0,9999	<b>1,16</b>
<b>65</b>	567,2	3,5255	0,003	0,0053	1,0593	0,0187	1,58879	0,99962	<b>3,03</b>
<b>66</b>	489,4	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,0709	6,02379	0,99448	<b>1,13</b>
<b>67</b>	600,9	3,5255	0,0019	0,0034	1,0593	0,0703	5,97281	0,99457	<b>2,02</b>
<b>68</b>	1072	3,5255	0,0015	0,0027	1,0593	0,2925	24,8513	0,9074	<b>2,6</b>
<b>69</b>	982,4	3,5255	0,0018	0,0032	1,0593	0,2098	17,825	0,952	<b>3</b>
<b>70</b>	957,9	3,5255	0,0024	0,0043	1,0593	0,1199	10,1869	0,98424	<b>4,03</b>
<b>71</b>	649	3,5255	0,0025	0,0045	1,0593	0,0489	4,15463	0,99737	<b>2,88</b>
<b>72</b>	684,9	3,5255	0,0017	0,003	1,0593	0,0821	6,97536	0,9926	<b>2,06</b>
<b>73</b>	896,8	3,5255	0,0014	0,0025	1,0593	0,2977	25,2931	0,90413	<b>2,02</b>
<b>74</b>	888,5	3,5255	0,0018	0,0032	1,0593	0,215	18,2668	0,94961	<b>2,71</b>
<b>75</b>	888,7	3,5255	0,0023	0,0041	1,0593	0,1331	11,3084	0,98059	<b>3,57</b>
<b>76</b>	887,5	3,5255	0,0023	0,0041	1,0593	0,072	6,11725	0,99431	<b>3,62</b>
<b>77</b>	934	3,5255	0,0016	0,0029	1,0593	0,0996	8,46219	0,98911	<b>2,63</b>
<b>78</b>	521,1	3,5255	0,0053	0,0094	1,0593	0,5548	47,1368	0,68025	<b>3,35</b>
<b>79</b>	799,3	3,5255	0,0138	0,0246	1,0593	0,4239	36,0153	0,80886	<b>15,9</b>
<b>80</b>	923,23	3,5255	0,0152	0,0271	1,0593	0,4783	40,6372	0,75885	<b>18,98</b>
<b>81</b>	1490	3,5255	0,0017	0,003	1,0593	0,4798	40,7647	0,7574	<b>3,42</b>
<b>82</b>	1513	3,5255	0,0107	0,0191	1,0593	0,416	35,3441	0,81569	<b>23,53</b>
<b>83</b>	1447	3,5255	0,0068	0,0121	1,0593	0,3771	32,0391	0,84769	<b>14,87</b>
<b>84</b>	1390,33	3,5255	0,0172	0,0307	1,0593	0,4443	37,7485	0,79071	<b>33,7</b>
<b>85</b>	1058,15	3,5255	0,0079	0,0141	1,0593	0,536	45,5395	0,70042	<b>10,43</b>
<b>86</b>	1290,33	3,5255	0,0189	0,0337	1,0593	0,4917	41,7757	0,74576	<b>32,41</b>
<b>87</b>	853,6	3,5255	0,0113	0,0201	1,0593	0,6028	51,215	0,6264	<b>10,77</b>
<b>88</b>	1038,2	3,5255	0,0182	0,0324	1,0593	0,5666	48,1393	0,66732	<b>22,47</b>
<b>89</b>	4659	3,5255	0,0028	0,005	1,0593	0,3824	32,4894	0,84349	<b>19,61</b>
<b>90</b>	4900	3,5255	0,0028	0,005	1,0593	0,4125	35,0467	0,81868	<b>20,02</b>
<b>91</b>	4393	3,5255	0,0016	0,0029	1,0593	0,4433	37,6636	0,79161	<b>9,92</b>

<b>92</b>	4911,5	3,5255	0,0027	0,0048	1,0593	0,3354	28,4962	0,87885	<b>20,77</b>
<b>93</b>	5117	3,5255	0,0038	0,0068	1,0593	0,37	31,4359	0,85322	<b>29,57</b>
<b>94</b>	4647,5	3,5255	0,0031	0,0055	1,0593	0,4103	34,8598	0,82055	<b>21,07</b>
<b>95</b>	5036,5	3,5255	0,0019	0,0034	1,0593	0,2946	25,0297	0,90609	<b>15,45</b>
<b>96</b>	4738	3,5255	0,003	0,0053	1,0593	0,3326	28,2583	0,88082	<b>22,31</b>
<b>97</b>	4367	3,5255	0,0024	0,0043	1,0593	0,3788	32,1835	0,84635	<b>15,81</b>
<b>98</b>	5887	3,5255	0,0014	0,0025	1,0593	0,2676	22,7358	0,9223	<b>13,55</b>
<b>99</b>	6641,5	3,5255	0,002	0,0036	1,0593	0,3124	26,5421	0,89461	<b>21,18</b>
<b>100</b>	6183,5	3,5255	0,0021	0,0037	1,0593	0,3601	30,5947	0,86079	<b>19,92</b>
<b>101</b>	1040	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,2573	21,8607	0,92809	<b>0,52</b>
<b>102</b>	1754	3,5255	0,0012	0,0021	1,0593	0,2382	20,2379	0,93826	<b>3,52</b>
<b>103</b>	3329	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,2916	24,7749	0,90796	<b>1,62</b>
<b>104</b>	3225	3,5255	0,0006	0,0011	1,0593	0,2887	24,5285	0,90976	<b>3,14</b>
<b>105</b>	1729	3,5255	0,0001	0,0002	1,0593	0,2654	22,5489	0,92355	<b>0,28</b>
<b>106</b>	1044	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,2581	21,9286	0,92765	<b>0,69</b>
<b>107</b>	2134,25	3,5255	0,0024	0,0043	1,0593	0,2868	24,367	0,91092	<b>8,32</b>
<b>108</b>	1241	3,5255	0,0002	0,0004	1,0593	0,3299	28,0289	0,88271	<b>0,39</b>
<b>109</b>	1240	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,3528	29,9745	0,86625	<b>0,57</b>
<b>110</b>	2174	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,3674	31,215	0,85523	<b>0,99</b>
<b>111</b>	1144	3,5255	0,0009	0,0016	1,0593	0,3226	27,4087	0,88775	<b>1,63</b>
<b>112</b>	874	3,5255	0,0009	0,0016	1,0593	0,1557	13,2286	0,97347	<b>1,36</b>
<b>113</b>	706,2	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,3285	27,9099	0,88368	<b>0,44</b>
<b>114</b>	614,7	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,3437	29,2014	0,87291	<b>0,38</b>
<b>115</b>	748,1	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,244	20,7307	0,93525	<b>0,62</b>
<b>116</b>	361	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2263	19,2269	0,94422	<b>0,43</b>
<b>117</b>	354,2	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2204	18,7256	0,94707	<b>0,42</b>
<b>118</b>	363,6	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2466	20,9516	0,93388	<b>0,42</b>
<b>119</b>	390,2	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,2806	23,8403	0,91468	<b>0,25</b>
<b>120</b>	306	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,275	23,3645	0,918	<b>0,2</b>
<b>121</b>	506,7	3,5255	0,0006	0,0011	1,0593	0,3314	28,1563	0,88166	<b>0,48</b>
<b>122</b>	398,8	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,3552	30,1784	0,86446	<b>0,31</b>
<b>123</b>	397,1	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,2665	22,6423	0,92293	<b>0,2</b>

<b>124</b>	363,4	3,5255	0,001	0,0018	1,0593	0,2955	25,1062	0,90552	<b>0,59</b>
<b>125</b>	305,8	3,5255	0,0012	0,0021	1,0593	0,3388	28,7851	0,87643	<b>0,57</b>
<b>126</b>	537,5	3,5255	0,0008	0,0014	1,0593	0,2925	24,8513	0,9074	<b>0,7</b>
<b>127</b>	307,9	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,3409	28,9635	0,87493	<b>0,62</b>
<b>128</b>	639,1	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2204	18,7256	0,94707	<b>0,76</b>
<b>129</b>	704,6	3,5255	0,0006	0,0011	1,0593	0,2437	20,7052	0,93541	<b>0,7</b>
<b>130</b>	762,1	3,5255	0,0006	0,0011	1,0593	0,2657	22,5743	0,92338	<b>0,75</b>
<b>131</b>	638	3,5255	0,0017	0,003	1,0593	0,2303	19,5667	0,94225	<b>1,82</b>
<b>132</b>	879,9	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,2727	23,1691	0,91935	<b>1,87</b>
<b>133</b>	616,9	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,3122	26,5251	0,89474	<b>0,49</b>
<b>134</b>	717,6	3,5255	0,0014	0,0025	1,0593	0,323	27,4427	0,88747	<b>1,59</b>
<b>135</b>	724	3,5255	0,0013	0,0023	1,0593	0,2332	19,8131	0,9408	<b>1,58</b>
<b>136</b>	683,1	3,5255	0,001	0,0018	1,0593	0,2759	23,441	0,91747	<b>1,12</b>
<b>137</b>	663,9	3,5255	0,0016	0,0029	1,0593	0,3271	27,791	0,88465	<b>1,67</b>
<b>138</b>	781,7	3,5255	0,0008	0,0014	1,0593	0,2369	20,1274	0,93893	<b>1,05</b>
<b>139</b>	785,7	3,5255	0,0007	0,0012	1,0593	0,2807	23,8488	0,91462	<b>0,9</b>
<b>140</b>	801,3	3,5255	0,001	0,0018	1,0593	0,3296	28,0034	0,88292	<b>1,26</b>
<b>141</b>	891	3,5255	0,0005	0,0009	1,0593	0,2409	20,4673	0,93687	<b>0,74</b>
<b>142</b>	886,2	3,5255	0,0004	0,0007	1,0593	0,2839	24,1207	0,91269	<b>0,58</b>
<b>143</b>	862,8	3,5255	0,0003	0,0005	1,0593	0,3324	28,2413	0,88096	<b>0,41</b>