



GRADUAÇÃO PRESENCIAL
1º semestre- 2015

*Eficiência Energética e Qualidade
de Energia*
Eng^a Elétrica– 9º semestre

Prof^o. Ms. Cristiano Malheiro

cmalheiro@anhanguera.com

<http://cristianotm.wix.com/notasdeaula>



Aula 4

“Retrofit” sobre a norma ABNT 5413



Prof. Ms. Cristiano Malheiro
(cmalheiro@anhanguera.com)
Graduação – Abril de 2015





Aula 4

Problemática:

A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas cancelou, em 21/03/2013, a norma ABNT NBR5413:1992, que trata da iluminância de interiores sendo substituída pela norma ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1:2013.

A nova norma da ABNT trata da iluminação de ambientes de trabalho (interior) e agora se torna parâmetro para aplicação técnica em projetos e padrão de avaliação de iluminância nos ambientes ocupacionais.

A Norma Regulamentadora nº. 17 do Ministério do Trabalho e Emprego que trata da Ergonomia remete em seu item “17.5.3.3” que os níveis mínimos de iluminamento a serem observados nos locais de trabalho são os valores de iluminâncias estabelecidos na NBR 5413, agora cancelada.

Resta agora ao MTE publicar uma Portaria efetuando a devida atualização.

João Carlos Pinto Filho

www.segurancaotrabalho.eng.br

3



Aula 4

Problemática:



Secretaria de Inspeção do Trabalho
Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho
Coordenação-Geral de Normatização e Programas

NOTA TÉCNICA Nº 224 /2014/CGNOR/DSST/SIT

Assunto:	Item 17.5.3.3 da NR17 – Ergonomia. Níveis mínimos de iluminamento. Cancelamento da NBR 5413.
Interessado:	DSST/SIT

I – Introdução

Trata-se de análise realizada pela Coordenação-Geral de Normatização e Programas em razão de diversos questionamentos que tem sido feitos em relação ao procedimento a ser adotado para avaliação dos níveis de iluminamento dos locais de trabalho frente ao cancelamento da NBR 5413/1992, norma técnica citada no item 17.5.3.3 da Norma Regulamentadora nº 17 (NR17) - Ergonomia.

4





Aula 4

Problemática:

17.5.3.3. Os níveis mínimos de iluminação a serem observados nos locais de trabalho são os valores de iluminâncias estabelecidos na NBR 5413, norma brasileira registrada no INMETRO.

17.5.3.4. A medição dos níveis de iluminação previstos no subitem 17.5.3.3 deve ser feita no campo de trabalho onde se realiza a tarefa visual, utilizando-se de luxímetro com fotocélula corrigida para a sensibilidade do olho humano e em função do ângulo de incidência.

17.5.3.5. Quando não puder ser definido o campo de trabalho previsto no subitem 17.5.3.4, este será um plano horizontal a 0,75m (setenta e cinco centímetros) do piso.

Ocorre que a NBR 5413 – Iluminância de Interiores, assim como a NBR 5382:1985 – Verificação da Iluminância de interiores – método de ensaio, foram canceladas, ficando prejudicado o cumprimento do item 17.5.3.3 uma vez que norma ABNT foi cancelada.

Ao mesmo tempo, a ABNT editou a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 – Iluminação de Ambientes de Trabalho, Parte 1: Interior – fazendo com que inúmeros questionamentos fossem feitos no sentido de arguir se o cumprimento da nova norma ABNT passaria a ser a exigência para o atendimento do item 17.5.3.3.

5

kroton
paixão por educar



Aula 4

Problemática:

Importante ressaltar que a NBR 8995 traz novos requisitos de qualidade para sistemas de iluminação: índice de ofuscamento unificado (UGR) e índice de reprodução de cor (Ra), além do nível de iluminância mantido (existente na norma NBR 5413).

II – Conclusão

Face ao exposto, informa-se que para o cumprimento do item 17.5.3.3 devem ser observados os valores de iluminância previstos na ABNT NBR 5413:1992, bem como os métodos de avaliação estabelecidos na norma ABNT NBR 5382:1985.

Brasília, 22 de outubro de 2014.


Romulo Machado e Silva
Coordenador-Geral de Normatização e Programas

De acordo. Encaminhe-se à SIT.
Brasília, 29/10/2014.


Rinaldo Marinho Costa Lima
Diretor do Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho

De acordo. Divulgue-se.
Brasília, 04/11/2014.


Paulo Sérgio de Almeida
Secretário de Inspeção do Trabalho

6

kroton
paixão por educar



Aula 4

Dissertação de Mestrado:

- **Estudos de casos comparativos entre normas de iluminação NBR 5413 e NBR ISSO 8995-1**

Autor: Junior Giacobbo – Porto Alegre 2014.

Do ponto de vista do projetista, as mudanças mais significativas (controle de ofuscamento e garantia do IRC) dependem do fabricante da lâmpada. Percebeu-se que os fabricantes ainda não disponibilizam todas as informações em seus catálogos comerciais. O fator de manutenção, por exemplo, não foi encontrado com os principais comerciantes de lâmpadas do Brasil, nem mesmo com solicitações formais.

No trabalho, percebeu-se que apesar das grandes evoluções que a ISO 8995-1 trouxe para o projeto da iluminação de interiores, ela não contempla tabela com fator de manutenção para luminárias a LED.

7



Aula 4

Em 21 de abril de 2013, passou a vigorar uma nova norma responsável por especificar os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho, a ISO 8995-1.

Segundo a ISO 8995-1 (2013), uma iluminação de qualidade propicia que as pessoas vejam o ambiente, movimentando-se de forma segura e desempenhando tarefas de forma mais rápida. ISO 8995-1 cita que se pode iluminar o ambiente de forma natural, artificial ou combinando ambas.

Uma boa iluminação requer igual atenção para a quantidade e qualidade da iluminação. Embora seja necessária a provisão de uma iluminância suficiente em uma tarefa, em muitos exemplos a visibilidade depende da maneira na qual a luz é fornecida, das características da cor da fonte de luz e da superfície em conjunto com o nível de ofuscamento do sistema. Nesta Norma foi levado em consideração não apenas a iluminância, mas também o limite referente ao desconforto por ofuscamento e o índice de reprodução de cor mínimo da fonte para especificar os vários locais de trabalho e tipos de tarefas. Os parâmetros para criar as condições visuais confortáveis estão propostos no corpo desta Norma. Os valores recomendados foram considerados a fim de representar um balanço razoável, respeitando os requisitos de segurança, saúde e um desempenho eficiente do trabalho. Os valores podem ser atingidos com a utilização de soluções energeticamente eficientes. (ISO 8995-1, 2013)

8





Aula 4

Ainda segundo a Norma, existem os parâmetros ergonômicos visuais: a capacidade de percepção do usuário e as características e atributos da atividade, que determinam a qualidade das habilidades visuais das pessoas que estão utilizando a iluminação. Esses parâmetros determinam também a qualidade do nível de desempenho das tarefas.

Em alguns casos a otimização destes fatores de influência pode melhorar o desempenho sem ser necessário aumentar os níveis de iluminância. Por exemplo, pela melhora do contraste na tarefa, ampliando a visualização de própria tarefa através do uso de equipamentos de auxílio à visão (óculos) e pela provisão de sistemas de iluminação especiais com capacidade de uma iluminação local direcional. (ISO 8995-1, 2013)

Nesse contexto, tendo em vista a importância do tema e também a sua relação com a realidade atual, este trabalho usará a norma ABNT 5413, revogada em abril de 2013 e a norma ISO 8995-1, em vigor a partir de abril de 2013, para a realização de projetos de uma Escola, uma Indústria metalúrgica e uma sala de

9

kroton
paixão por educar



Aula 4

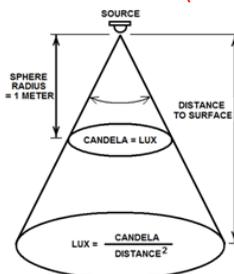
LUMINOTÉCNICA

A- Conceitos Físicos e Subjetivos

1- Intensidade Luminosa (I)

Segundo INPE: É definida como a concentração de luz em uma direção específica, radiada por segundo. Representada pelo símbolo I e a unidade de medida é a candela (cd).

Iluminância: quantidade de luz utilizada no ambiente (medida em Lux);



10

kroton
paixão por educar



Aula 4

LUMINOTÉCNICA

A- Conceitos Físicos e Subjetivos

2- Fluxo Luminoso (Φ)

É a quantidade total de luz emitida a cada segundo por uma fonte luminosa.

A unidade de medida do fluxo luminoso é o lúmen (lm), representado pelo símbolo Φ .

Fluxo luminoso: quantidade de luz gerada pela lâmpada (medido em Lúmens);

Exemplo: uma lâmpada incandescente de 100 Watts emite cerca de 1.600 lúmens de fluxo luminoso por segundo ao ambiente.



11

kroton
paixão por educar



Aula 4

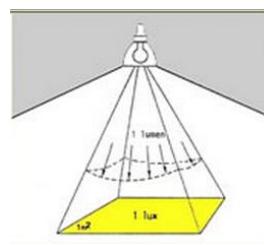
LUMINOTÉCNICA

A- Conceitos Físicos e Subjetivos

3- Nível de iluminação (E)

É a quantidade de luz ou fluxo luminoso que atinge uma unidade de área de uma superfície por segundo. A unidade de medida é o lux, representada pelo símbolo E. Um lux equivale a 1 lúmen por metro quadrado (lm/m^2), os valores relativos à iluminância são encontrados na norma NBR 5413 - Iluminância de Interiores, da Associação Brasileira de Normas Técnicas, que segue a tendência das normas internacionais.

Temperatura de cor: efeito psicológico que a cor da luz trás para o usuário. Cores quentes – conforto, Cores frias – produtividade (medida em K).



12

kroton
paixão por educar



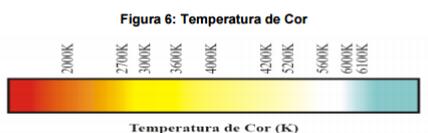
Aula 4

LUMINOTÉCNICA

A- Conceitos Físicos e Subjetivos

4- Temperatura de Cor (K)

É a grandeza que expressa à aparência de cor da luz. Quanto mais alta a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz. Sua unidade é o Kelvin (K). A "luz quente" é a que tem aparência amarelada e temperatura de cor baixa: 3.000K ou menos. A "luz fria", ao contrário, tem aparência azul-violeta, com temperatura de cor elevada: 6.000K ou mais. A "luz branca natural" é aquela emitida pelo sol em céu aberto ao meio-dia, cuja temperatura de cor é de 5.800K.



Fonte: Manual de Luminotécnica da Osram

13



Aula 4

LUMINOTÉCNICA

A- Conceitos Físicos e Subjetivos

5- Índice de Reprodução de Cores



Fonte: Lumicenter, Informações Técnicas (p. 02)

É a medida de correspondência entre a cor real de um objeto ou superfície e sua aparência diante de uma fonte de luz. A luz artificial, como regra, deve permitir ao olho humano perceber as cores corretamente, ou o mais próximo possível da luz natural. Lâmpadas com IRC de 100% apresentam as cores com total fidelidade e precisão. Quanto mais baixo o índice, mais deficiente é a reprodução de cores. Os índices variam conforme a natureza da luz e são indicados de acordo com o uso de cada ambiente.

14





Aula 4

LUMINOTÉCNICA

A- Conceitos Físicos e Subjetivos

6- Ofuscamento

Segundo a Norma ABNT ISO 8995-1 (2013):

Ofuscamento é a sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão e pode ser experimentado tanto como um ofuscamento desconfortável quanto um ofuscamento inabilitador. O ofuscamento pode também ser causado por reflexões em superfícies especulares e é normalmente conhecido como reflexões veladoras ou ofuscamento refletido. É importante limitar o ofuscamento para evitar erros, fadiga e acidentes. O ofuscamento inabilitador é mais comum na iluminação exterior, mas também pode ser experimentado em iluminação pontual ou fontes brilhantes intensas tais como uma janela em um espaço relativamente pouco iluminado. (ABNT ISO 8995, 2013)

15

kroton
paixão por educar



Aula 4

LUMINOTÉCNICA

A- Conceitos Físicos e Subjetivos

6- Ofuscamento

Para a Norma, no interior de locais de trabalho o ofuscamento desconfortável geralmente surge diretamente de luminárias brilhantes ou janelas. Se os limites referentes ao ofuscamento desconfortável são atendidos, o ofuscamento inabilitador não é geralmente um grande problema.

Figura 8: Ofuscamento



Fonte: Site do Laboratório Nacional de Astrofísica

16

kroton
paixão por educar



Aula 4

LUMINOTÉCNICA

A- Conceitos Físicos e Subjetivos

7- Proteção contra o ofuscamento

Para a Norma ABNT ISO 8995-1 (2013), a principal causa do ofuscamento são as luminâncias excessivas ou contrastes no campo de visão que podem prejudicar a visualização de objetos. Para a Norma, "convém que isto seja evitado, por exemplo, através da proteção contra visão direta das lâmpadas ou por um escurecimento nas janelas por anteparos".

Para lâmpadas elétricas ou outras fontes naturais de luz o ângulo de corte, mínimo para proteção da visualização direta da lâmpada não pode ser menor do que os valores da tabela 1:

Tabela 1: Relação entre luminância e ângulo de corte

Luminância da lâmpada kcd/m ²	Ângulo de corte mínimo
1 a 20	10°
20 a 50	15°
50 a 500	20°
≥ 500	30°

Fonte: Norma ABNT ISO 8995-1 (2013)

17



Aula 4

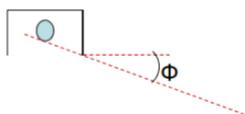
LUMINOTÉCNICA

A- Conceitos Físicos e Subjetivos

7- Proteção contra o ofuscamento

Segundo a NBR ISO 8995-1, ângulo de corte é o ângulo medido a partir do plano horizontal, abaixo do qual a(s) lâmpada(s) são protegidas da visão direta do observador pela luminária conforme a figura 9.

Figura 9: Ângulo de corte



Fonte: UDESC (Iluminação de ambientes de trabalho)

18





Aula 4

A- Conceitos Físicos e Subjetivos

8- Ofuscamento Desconfortável.

É aquele que normalmente surge de luminárias brilhantes ou janelas, vem de brilho excessivo entre superfícies adjacentes, perturbando a visão sem necessariamente prejudicar a distinção de objetos.

Conforme a ISO 8995-1 (2013), "o valor referente ao ofuscamento desconfortável de uma instalação de iluminação deve ser determinado pelo método tabular do Índice de Ofuscamento Unificado da CIE (UGR^2), baseado na equação:

$$UGR = 8 \cdot \log \left(\frac{0,25 \cdot \sum L^2 \cdot \omega}{L_b \cdot \rho^2} \right) \quad (1)$$

Onde:

L_b é a luminância de fundo (cd/m^2),

L é a luminância da parte luminosa de cada luminária na direção do olho do observador (cd/m^2)

ω é o ângulo sólido da parte luminosa de cada luminária junto ao olho do observador (esferorradiano)

- ρ é o índice de posição Guth de cada luminária individualmente relacionado ao seu deslocamento a partir da linha de visão



Aula 4

A- Conceitos Físicos e Subjetivos

9- Aspectos da Cor

Conforme a ISO 8995-1 (2013), as qualidades da cor de uma lâmpada são caracterizadas por dois atributos: a aparência de cor e a sua capacidade de reprodução de cor, que afeta a cor de objetos e pessoas iluminadas pela lâmpada.

Considerando esses dois atributos separadamente:

- a) Aparência da cor – que se refere à cor aparente (cromaticidade da lâmpada) da luz que ela emite e pode ser descrita pela sua temperatura de cor correlata.

As lâmpadas normalmente são divididas em três grupos de acordo com suas temperaturas de cor correlata (T_{cp}).

Tabela 2: Tabela número

Aparência da cor	Temperatura de cor correlata
quente	abaixo de 3 300 K
intermediária	3 300 K a 5 300 K
fria	acima de 5 300 K

Fonte: Norma ABNT ISO 8995-1 (2013)





Aula 4

A- Conceitos Físicos e Subjetivos

8- Uniformidade

É a relação entre o valor mínimo e o valor médio de iluminância em um ambiente. A ISO NBR 8995-1 recomenda que esse valor seja superior a 0,7 na área de tarefa e superior a 0,5 no entorno imediato.

Valor médio ou real de iluminância!!

21



Aula 4

A- Conceitos Físicos e Subjetivos

8- Fator de Depreciação

Leva em conta o envelhecimento das lâmpadas e das luminárias e a sujeira que se acumula dentro delas diminuindo os fluxos luminosos. Para evitar que em pouco tempo a iluminância se torne demasiado baixa, deve-se sobredimensionar inicialmente o valor do fluxo a calcular, e levando em conta um fator corretivo que é o fator de depreciação. A ISO 8995-1 considera o fator de manutenção como um múltiplo de fatores determinado a seguir:

$MF = FMFL \times FSL \times FML \times FMSS$, onde: FMFL considera a depreciação do fluxo luminoso da lâmpada; FSL considera o efeito de falha por envelhecimento da lâmpada; FML considera os efeitos de redução do fluxo luminoso devido ao acúmulo de sujeira nas luminárias e FMSS considera a redução da refletância devido à deposição de sujeira nas superfícies da sala. Os valores dos fatores de manutenção individuais podem ser obtidos através dos fabricantes ou ser encontrados em curvas de valores médios padrão em publicações de iluminação como a CIE 97. (ABNT, ISO 8995-1, 2013)

22





Aula 4

Quadro Comparativo entre as normas

Tabela 3: Quadro comparativo entre as Normas NBR 5413 e NBR ISO 8995-1

Fatores	Norma NBR 5413	Norma NBR ISO 8995-1
Índice de ofuscamento	Não contempla	É uma das grandes inovações da nova norma. É abordado o ofuscamento direto, o ofuscamento refletido e são indicados valores de referência. A norma preocupa-se também com o controle de ofuscamento. São definidas salas-padrão para controle de ofuscamento
Refletância	Era dividida em três grandes grupos: até 30%, de 30% a 70% e acima de 70%	Definiu faixas padrão de refletância para teto, paredes, pisos e planos de trabalho



Aula 4

Quadro Comparativo entre as normas

Tabela 3: Quadro comparativo entre as Normas NBR 5413 e NBR ISO 8995-1

Fatores	Norma NBR 5413	Norma NBR ISO 8995-1
Índice de ofuscamento	Não contempla	É uma das grandes inovações da nova norma. É abordado o ofuscamento direto, o ofuscamento refletido e são indicados valores de referência. A norma preocupa-se também com o controle de ofuscamento. São definidas salas-padrão para controle de ofuscamento
Refletância	Era dividida em três grandes grupos: até 30%, de 30% a 70% e acima de 70%	Definiu faixas padrão de refletância para teto, paredes, pisos e planos de trabalho





Aula 4

Quadro Comparativo entre as normas

Tabela 3: Quadro comparativo entre as Normas NBR 5413 e NBR ISO 8995-1

Fatores	Norma NBR 5413	Norma NBR ISO 8995-1
Índice de Reprodução da Cor	Não contempla	Sugere que o fabricante de cada lâmpada forneça os valores
Uniformidade	Não contempla	Recomenda que seja superior a 0,7
Temperatura da Cor	Não contempla	Recomenda, em determinados ambientes, temperatura mínima da cor

Fonte: Elaborada pelo autor

25



Aula 4

Exemplo: Sala de Aula

As salas de aula objeto deste estudo possuem as seguintes dimensões: 12 metros de comprimento, 8 metros de largura e 3 metros de altura (pé direito). As paredes possuem refletâncias de 80% no teto (cor clara), 50% nas paredes (cor claro-média) e 20% no chão (cor escura).

Plano de trabalho= 0,7m

Pela nova norma:

As luminâncias de todas as superfícies são importantes e são determinadas pela refletância e pela iluminância nas superfícies. As faixas de refletâncias úteis para as superfícies internas mais importantes são:

- teto: 0,6 - 0,9
- paredes: 0,3 - 0,8
- planos de trabalho: 0,2 - 0,6
- piso: 0,1 - 0,5

26





Aula 4

Exemplo: Sala de Aula – NBR5413

Abaixo será apresentado o projeto para uma sala de aula de uso noturno e adulto usando a NBR 5413 com iluminação com lâmpadas de LED.

O primeiro passo é verificar na norma a quantidade de luxes especificada. Nesse ponto, surge a primeira dúvida para um projetista que se baseia na norma NBR 5413, pois a norma especifica três faixas de iluminância para cada ambiente. Essas três faixas, variam de acordo com: idade dos ocupantes, precisão da tarefa e refletância de fundo. Isso acarreta em dificuldade para prever a faixa etária predominante de usuários do local, bem como o nível das tarefas desempenhadas. Como exemplo, imagina-se uma sala de aula que é usada para o ensino médio e para uma aula de desenho técnico para a terceira idade. É fácil perceber que o tipo de tarefa mudaria drasticamente entre os usos, bem como a idade dos usuários.

Escolas

Valores de iluminância em Lux

- salas de aulas 200 - 300 - 500

27



Aula 4

LUMINOTÉCNICA

Alguns Exemplos segundo a ABNT e IES:

Atividade	ABNT	IES	Atividade	ABNT	IES
Escolas	(Lux)	(Lux)	Lojas	(Lux)	(Lux)
Salas de Aula	200	700	Circulação	100	300
Salas de Desenho e Artes	350	1.000	Áreas de Exposição	350	1.000
Refeitórios	100	300	Balcões/Mostruários	600	2.000
Auditórios	60	150	Exposição de Realce	1.500	5.000
Quadro Negro	250	1.500	Depósitos	80	300
Biblioteca	(Lux)	(Lux)	Indústrias	(Lux)	(Lux)
Iluminação em Geral	100	300	Inspeção Comum	300	500
Mesas	300	700	Inspeção Delicada	500	1.000
Fichários	250	700	Montagem Simples	200	500
Escritórios	(Lux)	(Lux)	Montagem Delicada	1.000	5.000
Salas de Trabalho	250	700	Fabricação em Geral	300	500
Salas de Desenho	400	1.500	Depósitos	60	120
Arquivos	200	300	Empacotamento	80	500

28



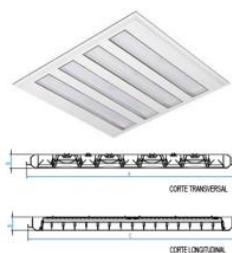


Aula 4

Exemplo: Sala de Aula – NBR5413

Para o projeto, será usada a luminária LAN, da Lumicenter. Essa é uma luminária simples e, de acordo com descrição do fabricante, é indicada para ambientes que não exigem controle de ofuscamento. A temperatura da cor dessa lâmpada é 4.000K

Figura 13: Luminária LAN do fabricante Lumicenter para a escola



Vida útil= 50000h
Fluxo luminoso= 3780
lumen

Fonte: Lumicenter (Catálogo)

29



Aula 4

Exemplo: Sala de Aula – NBR5413

Fator do Local (K)

Relaciona as medidas do recinto a ser iluminado no sentido da determinação prática do fator de utilização (Fu), através dos fatores r.

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

C = comprimento do recinto
L = largura do recinto
h_u = altura útil da iluminação

30





Aula 4

Exemplo: Sala de Aula – NBR5413

Fator do Local (K)

Essa luminária é equipada com lâmpada de LED de 58W e o índice local é calculado pela fórmula (2): $K = 2,105$.

Já o fator de utilização é fornecido na tabela 5 do fabricante conforme abaixo:

Tabela 5: Fator de utilização

Teto (%)	70	50	30	0
Parede (%)	50	30	10	0
Chão (%)	20	20	20	0
RCR	Fator de Utilização (%)			
0	112	112	107	107
1	100	96	93	90
2	83	78	85	80
3	78	72	67	76
4	70	63	57	68
5	63	56	50	61
6	57	50	44	56
7	52	45	39	51
8	48	40	35	47
9	44	37	32	43
10	41	34	29	40

Fonte: Lumicenter (Catálogo)

31



Aula 4

LUMINOTÉCNICA

Fator de Reflectância (r)

Superfície	Fatores de Reflectância
Vidro Espelhado, Alumínio Polido	de 0,80 a 0,90
Branco e Fosco Claro	de 0,65 a 0,80
Amarelo, Marmore Claro e Aço Polido	de 0,55 a 0,70
Verde Claro e Alumínio Fosco	de 0,45 a 0,65
Rosa, Cinza Claro e Azul Claro	de 0,40 a 0,50
Madeira Clara, Vermelho e Concreto Claro	de 0,30 a 0,50
Areia Claro, Beje e Tijolo Claro	de 0,30 a 0,40
Granito, Reboque, Concreto e Areia Escuro	de 0,15 a 0,25
Madeira Escura, Verde, Marron e Vermelho	de 0,10 a 0,20

32





Aula 4

LUMINOTÉCNICA

Fator de Utilização (Fu)

Relaciona os fluxos luminosos incidentes e o total emitido (ou nominal): $Fu = \phi_i / \phi_n$

$$Fu = f(r \text{ e } K)$$



(W)	2x 20			- 4x 20			- 2x 65			1x 40			- 2x 40			- 4x 40		
K	r									r								
↓	751	731	711	551	531	511	331	311	751	731	711	551	531	511	331	311		
0,60	,27	,22	,19	,25	,21	,18	,20	,17	,28	,23	,20	,26	,22	,19	,22	,19		
0,80	,33	,28	,24	,30	,26	,23	,25	,22	,34	,29	,25	,32	,28	,25	,27	,24		
1,00	,37	,32	,28	,34	,30	,27	,28	,26	,38	,33	,30	,36	,32	,29	,31	,28		
1,25	,41	,36	,33	,38	,34	,31	,32	,29	,42	,38	,34	,40	,36	,33	,35	,32		
1,50	,44	,40	,36	,41	,37	,34	,35	,32	,45	,41	,38	,43	,39	,36	,37	,35		
2,00	,49	,45	,42	,45	,42	,39	,39	,37	,50	,46	,43	,47	,44	,41	,42	,40		
2,50	,52	,48	,45	,48	,45	,43	,42	,40	,53	,49	,47	,50	,47	,45	,45	,43		
3,00	,54	,51	,48	,50	,48	,45	,44	,42	,55	,52	,49	,52	,49	,47	,47	,45		
4,00	,57	,54	,52	,53	,51	,49	,47	,46	,57	,55	,53	,54	,52	,50	,50	,48		
5,00	,59	,56	,54	,55	,53	,51	,49	,48	,59	,57	,55	,56	,54	,52	,51	,50		

33

kroton
paixão por educar



Aula 4

LUMINOTÉCNICA

Fator de Depreciação

É a relação entre os fluxos de uma fonte, após funcionar 50% e 10% de sua vida, ou seja, o de meia vida e o nominal: $Fd = \phi_M / \phi_n$

Local	Período de Manutenção (anos)											
	Sem Luminária			Sistema de Iluminação Semidireta			Sistema de Iluminação Direta ou Indireta			Sistema de Iluminação Semi-Indireta		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Muito Limpo	0.97	0.96	0.93	0.93	0.88	0.86	0.93	0.87	0.81	0.98	0.96	0.94
Limpo	0.94	0.90	0.87	0.88	0.83	0.79	0.87	0.78	0.70	0.94	0.89	0.88
Médio	0.90	0.85	0.80	0.84	0.78	0.73	0.81	0.68	0.55	0.90	0.86	0.81
Sujo	0.84	0.79	0.75	0.78	0.70	0.75	0.76	0.59	0.49	0.87	0.80	0.77
Muito Sujo	0.72	0.60	0.55	0.72	0.63	0.59	0.69	0.49	0.39	0.83	0.75	0.70

34

kroton
paixão por educar



Aula 4

LUMINOTÉCNICA

Eficiência Luminosa

É a relação entre o fluxo total emitido por uma fonte e a potência por ela absorvida:

$$EF = \text{lm/W}$$

Índice de Reprodução de Cores (IRC)

É um número subjetivo de 0 a 100, de uma fonte artificial, em comparação com a ideal, na mesma temperatura de cor.

ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE CORES

100	EXCELENTE	NÍVEL 1	1a - Ra 90 a 100	Testes de cor, floricultura, escritórios, residências, lojas
80	MUITO BOM		1b - Ra 80 a 89	
60	BOM	NÍVEL 2	2a - Ra 70 a 79	Áreas de circulação, escadas, oficinas, ginásios esportivos
	RAZOÁVEL		2b - Ra 60 a 69	
	REGULAR	NÍVEL 3	Ra 40 a 59	Depósitos, postos de gasolina, pátio de montagem industrial
40	INSUFICIENTE	NÍVEL 4	Ra 20 a 39	Vias de tráfego, canteiros de obras, estacionamentos

35



Aula 4

LUMINOTÉCNICA

Temperatura de Cor (T)

Experimentalmente foi verificado que uma fonte quando trabalha a uma temperatura T, irradia luz, cuja maior densidade se dá no comprimento c, onde: $c \cdot T = 2,88 \times 10^6 = \text{cte}$ (nm.°K).

Exemplos:

Sol (meio dia): $c = 255 \text{ nm} \longrightarrow T = 5200^\circ\text{K}$

Lâmpada incandescente: $c = 993 \text{ nm} \longrightarrow T = 2900^\circ\text{K}$

Lâmpada Vapor de mercúrio: $c = 703 \text{ nm} \longrightarrow T = 4100^\circ\text{K}$

Lâmpada	T(°K)	IRC	EF (lm/W)
Incandescente Comum	2.800	98	20
Incandescente Halógena	3.200	100	24
Fluorescente Luz do Dia	6.500	64	64
Fluorescente Branca Natural	4.200	96	42
Vapor de Mercúrio	4.100	47	45
Vapor Múltiplo	5.100	90	90
Vapor de Sódio (baixa pressão)	3.200	—	180
Vapor de Sódio (alta pressão)	2.200	35	110





Aula 4

LÂMPADA (aula passada achando a vida útil)

10 - Comparação Entre Lâmpadas:

Característica	Incandescente	Halógena	V. Mercúrio Mista	V. Mercúrio (A.P.)	Vapor Múltiplo	V. Sódio BP/AP	Florescente
Acessórios	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não/Sim	Sim
Eficiência (lm/W)	8 a 20	17 a 22	18 a 25	44 a 65	70 a 100	100/185	50 a 75
Vida Útil (horas)	1.000	2.000	6.000	15.000	9.000	9.000/13.000	7.500
Posição Instalação	Universal	Horizontal	Universal exceto 160W	Universal	Depende do Tipo	Horizontal /Universal	Universal
Io/In	Até 14	Até 14	Até 1,5	Até 2	Até 2	Até 1	Até 2
Reacendimento	Imediato	Imediato	Retardado	Retardado	Retardado	Imediato/Retardado	Imediato
Influência da Tensão	Fluxo e Vida	Fluxo e Vida	Fluxo e Vida	Fluxo	Fluxo	Pouco no Fluxo	Pouco no Fluxo

37

kroton
paixão por educar



Aula 4

LÂMPADA (aula passada achando o fluxo luminoso)

1 - Tabela de Fluxos:

Incandescente			Incandescente Halógena	Vapor de Mercúrio Mista	Vapor de Mercúrio A.P.	Vapor Múltiplo	Vapor de Sódio A.P.	Fluorescente		
Pot.	120V	220V	k lm/kW	k lm/W	k lm/W	k lm/kW	k lm/W	W	nº	lm
15	135	120	22/1,0	2,9/160	3,5/80	*28/0,4	*23/250	15	54	770
									33	900
								20	27	650
25	265	230	33/1,5	5,2/250	6,25/125	30/0,4	23,5/250		37	650
									34	760
40	495	430	44/2,0	12,5/500	13,5/250	88/1,0	*43/400		54	1000
									33	1120
60	830	730	260/10,0		23,0/400	**180/2,0	47/400	30	54	1900
									33	2250
75	1080	960			42,5/700	190/2,0		40	27	1700
									37	1700
100	1560	1380			57,0/1000				34	2020
									54	2550
150	2360	2100			120/200				33	3000
								65	54	4050
200	3300	2950							33	5000
								105	54	7600
300	5150	4750							33	8900
								115	54	5900
500	9300	8400							33	7100
								140	54	7500
1000	20000	18800							33	8700
								160	54	9000
1500	31500	30000							33	10600

38

kroton
paixão por educar



Aula 4

Chega-se ao fator de utilização de 0,88.

O fluxo total é dado pela expressão (3).

De acordo com Cotrim (2009, p. 442), os valores usuais para fatores de manutenção (η) são dados pela tabela 6:

Tabela 6: Fatores de Manutenção para Lâmpada Fluorescente

Tipo de Ambiente	Período de Manutenção (h)		
	2500	5000	7500
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Sujo	0,80	0,66	0,57

Fonte: Cotrim (2009, p. 442)

Fator de manutenção= fator de depreciação

39



Aula 4

Os valores mostrados na tabela são para lâmpadas fluorescentes. Ainda hoje, com o advento do uso de LEDs, muito projetistas utilizam essa tabela, pois a NBR ISO 8995-1 não contempla uma tabela padrão para LED.

No caso desse projeto, utilizei uma tabela de referência fornecida pela ETAP (tabela 7), fabricante europeia de luminárias de LED, pois a Lumicenter não fornece valores típicos de fatores de manutenção para LED. É oportuno lembrar que a OSRAM e a Philips também não fornecem esses valores.

40





Aula 4

Tabela 7: Fator de Manutenção fornecido pela ETAP para luminárias de LED

Fator de Manutenção (η)				
Tipo de Luminária	Aplicação	25.000h	50.000h	60.000h
D1/D2/D3	Escritório	79	69	64
D42	Escritório	88	86	86
E10/E11/E12	Indústria	84	83	82
E14	Indústria	78	72	66
FLAIRE	Escritório	87	84	83
R7	Escritório	88	87	86
R8	Escritório	80	72	69
U7	Escritório	88	87	86
UM2	Escritório	84	80	78
V2M11	Escritório	88	87	86
V2M17	Escritório	83	77	74
V2M1F/J	Escritório	83	78	76

Fonte: Site da ETAP (Traduzida)

41



Aula 4

U7	Escritório	88	87	86
UM2	Escritório	84	80	78
V2M11	Escritório	88	87	86
V2M17	Escritório	83	77	74
V2M1F/J	Escritório	83	78	76

Fonte: Site da ETAP (Traduzida)

A luminária que mais se aproxima da luminária da Lumicenter é a da linha U, com vida útil de 50000h, portanto, de acordo com a tabela 7, $\eta = 0,87$. Encontram-se os valores para os três níveis de iluminância:

$$\varphi_{200} = \frac{96 \times 200}{0,87 \times 0,88} = 25.078 \text{ lumens}$$

$$\varphi_{300} = \frac{96 \times 300}{0,87 \times 0,88} = 37.617 \text{ lumens}$$

$$\varphi_{500} = \frac{96 \times 500}{0,87 \times 0,88} = 62.696 \text{ lumens}$$

A quantidade de luminárias necessárias, calculada pela equação (4), será:

$$N_{200} = 7$$

$$N_{300} = 10$$

$$N_{500} = 17$$

42





Aula 4

Método do Cálculo de Iluminação de Interiores pelo Fluxo Total

Espaçamento médio, a, b e uniformidade!!!

43



Aula 4

LUMINARIAS

As luminárias devem ser dispostas em filas regulares e harmoniosas. Como o método dos lumens baseia-se no iluminamento médio, deve ser verificado se os espaçamentos (a,b) entre eixos, em função da altura útil (hu) da luminária, atende o grau de uniformidade desejado.

Em caso negativo, deve-se adotar um número maior de luminárias. Para não se ter o custo e iluminamento elevado, deve-se utilizar luminárias com lâmpadas de menor potência e/ou um número menor de lâmpadas por luminária.

Uniformidade	Ótima	Boa	Razoável	Ruim
a,b	< 0,5 hu	de 0,5 hu a 1,0 hu	de 1,0 hu a 1,5 hu	> 1,5 hu

44





Aula 4

LUMINARIAS

As luminárias devem ser dispostas em filas regulares e harmoniosas. Como o método dos lumens baseia-se no iluminamento médio, deve ser verificado se os espaçamentos (a,b) entre eixos, em função da altura útil (hu) da luminária, atende o grau de uniformidade desejado.

Em caso negativo, deve-se adotar um número maior de luminárias. Para não se ter o custo e iluminamento elevado, deve-se utilizar luminárias com lâmpadas de menor potência e/ou um número menor de lâmpadas por luminária.

Uniformidade a,b	Ótima	Boa	Razoável	Ruim
	< 0,5 hu	de 0,5 hu a 1,0 hu	de 1,0 hu a 1,5 hu	> 1,5 hu

45



Aula 4

A tabela 8 sintetiza os valores encontrados:

Tabela 8: Valores calculados – NBR 5413

Escola	E - Iluminância(lux)	200	300	500
	k - Índice Local	2,10526	2,105263	2,105263
	Refletância	531	531	531
	Coefficiente de utilização(μ)	0,88	0,88	0,88
	Fator de Depreciação(D)	0,87	0,87	0,87
	Área do recinto(S)	96	96	96
	Fluxo Luminoso em Lumens(Φ)	25078,4	37617,55	62695,92
	fluxo luminoso cada lâmpada(lumens)	3780	3780	3780
	número de lâmpadas(n)	6,63449	9,951734	16,58622
	Distribuição(lâmpadas/m ²)	0,06911	0,103664	0,172773

Fonte: Elaborada pelo autor

A distribuição das luminárias do caso médio (E = 300 lux) é dada pela figura 14, extraída do DIALUX, que é o principal software livre disponível no mercado para projetos de iluminação:

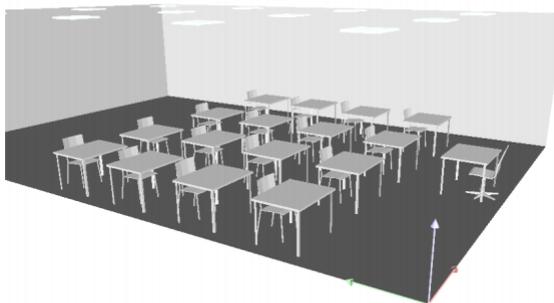
46





Aula 4

Figura 14: Distribuição das luminárias – NBR 5413



Fonte: Elaborada pelo autor

Na figura 14, percebe-se que a quantidade de luminárias no projeto do DIALUX é 12, isso acontece para manter a uniformidade da sala, uma vez que seria difícil alinhar 10 luminárias para fornecer a iluminância mínima.

47



Aula 4

Figura 15: Cálculo feito no DIALUX – NBR 5413

Assistente DIALux Light

Cálculo e resultados
Aqui é possível calcular diversas variantes e verificar os resultados.

Luminária: LUMICENTER LANG-E3500740

Dimensões (C x L x H): 0.617 x 0.617 x 0.040 m

Parâmetros de cálculo

Eq. planejado: 300 lx

Em de distribuição: 387 lx

Distribuição horizontal

Quantidade x:

3.00 m m

Distribuição vertical

Quantidade z:

2.67 m m

Parâmetros de distribuição

Rotação de luminária: 90

Linhas de luz:
 Automático
 Seleção livre

Nível: 0.00 lx

	0.05	0.16	0.27	0.38	0.49	0.60	0.71	0.82	0.93	1.04	1.15
10.91	285	305	330	345	359	366	373	371	365	356	348
10.74	295	317	343	360	376	383	390	388	381	371	361
10.57	308	332	360	378	395	403	410	408	400	389	378
10.40	317	342	372	391	409	418	426	422	414	402	390
10.23	325	352	383	404	420	429	436	433	425	411	399
10.05	332	360	392	413	430	440	448	444	435	421	408
9.88	338	368	401	423	440	450	458	454	445	431	418

43% 285 548 0.65 0.52

Fonte: Elaborada pelo autor no software DIALUX

48





Aula 4

Exemplo: Sala de Aula – NBR ISSO 8995-1

Abaixo será apresentado o projeto para uma sala de aula de uso noturno e adulto usando a NBR ISO 8995-1 e iluminação com lâmpadas de LED.

Com a nova norma as mudanças no cálculo aparecem de imediato. Ao verificar a quantidade de lux necessária para o projeto, percebe-se que a nova norma especifica somente um valor de iluminância, agora acompanhado do ofuscamento e do índice de reprodução da cor. A iluminância recomendada é 500 lux, com UGR < 19 e IRC superior a 80, conforme recorte do item 28 da ISO 8995-1.

Tabela 9: Quantitativo de iluminância para escolas – NBR ISO 8995-1

	E (Lux)	UGR _{máx}	IRC _{mín}
Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500	19	80

Fonte: NBR ISO 8995-1 (2013)

A indicação de iluminância é clara e objetiva, inclusive, dividindo em duas linhas diferentes a iluminância para uma sala de aula de uso diurno e uma sala de aula de uso noturno.

49



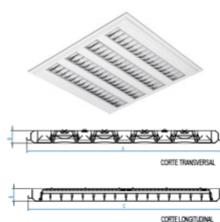
Aula 4

Exemplo: Sala de Aula – NBR ISSO 8995-1

A escolha da luminária traz duas preocupações: UGR <19 e IRC >80.

Nesse sentido, foi escolhida a luminária LAA, também da fabricante Lumicenter. A escolha foi proposital, pois as luminárias LAA são semelhantes às luminárias LAN utilizadas no projeto com a NBR 5413, porém com aletas de alumínio que garantem UGR <19. A temperatura da cor é 4.000K.

Figura 16: Luminária LAA-E da Lumicenter para a escola



Fonte: Lumicenter (Catálogo)

50





Aula 4

Exemplo: Sala de Aula – NBR ISSO 8995-1

O índice local é o mesmo calculado no projeto da sala de aula com a NBR 5413, pela equação (2), $K = 2,105$.

O fator de utilização é fornecido na tabela 10 do fabricante:

Tabela 10: Fator de utilização

Teto (%)	70	50	30	0			
Parede (%)	50	30	10	50	30	10	0
Chão (%)	20	20	20	0			
RCR	Fator de Utilização (%)						
0	117	117	117	112	112	107	107
1	106	103	101	102	100	98	98
2	91	87	83	89	85	90	86
3	87	81	76	84	79	75	81
4	79	72	67	77	71	66	74
5	72	65	59	70	64	59	68
6	66	59	53	64	58	53	63
7	60	53	48	59	53	48	58
8	56	49	44	55	48	43	53
9	52	45	40	51	44	40	50
10	48	41	37	47	41	37	46

Fonte: Lumicenter (Catálogo)

$F_d = 0,87$ (o mesmo da outra norma)

51



Aula 4

Exemplo: Sala de Aula – NBR ISSO 8995-1

$\Phi = 62.696$ lumens

A quantidade de luminárias necessárias será, pela expressão (5),

$N = 19$.

A tabela 11 sintetiza os valores encontrados:

Tabela 11: Valores calculados – NBR ISO 8995-1

Escola	E - Iluminância(lux)	500
	k - Índice Local	2,105263158
	Refletância	531
	Coeficiente de utilização(μ)	0,88
	Fator de Depreciação(D)	0,87
	Área do recinto(S)	96
	Fluxo Luminoso em Lumens(Φ)	62695,92476
	fluxo luminoso cada lampada(lumens)	3400
	número de lâmpadas(n)	18,43997787
	Distribuição(lâmpadas/m ²)	0,192083103

Fonte: Elaborada pelo autor

52



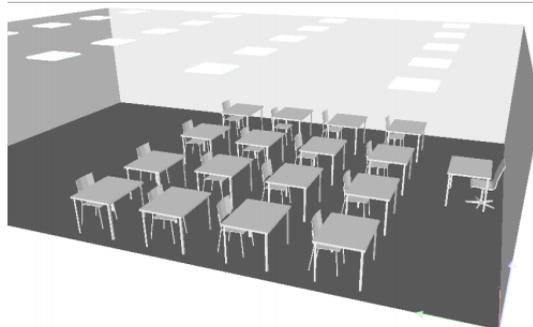


Aula 4

Exemplo: Sala de Aula – NBR ISSO 8995-1

A distribuição das luminárias é dada pela figura 17, extraída do DIALUX:

Figura 17: Distribuição das luminárias na sala de aula – NBR ISO 8995-1



Fonte: Elaborada pelo autor

53



Aula 4

Exemplo: Sala de Aula – NBR ISSO 8995-1

Uniformidade???

É a relação entre o valor mínimo e o valor médio de iluminância em um ambiente. A ISO NBR 8995-1 recomenda que esse valor seja superior a 0,7 na área de tarefa e superior a 0,5 no entorno imediato.

Valor médio ou real de iluminância!!

54





Aula 4

Exemplo: Sala de Aula – NBR ISSO 8995-1

4.1.3. Comparativo de Custos na Vida Útil da Operação

Para análise de custo será considerada a vida útil das lâmpadas, que é de 50.000 horas. Também considerarei o projeto apresentado pelo DIALUX, que eventualmente pode ser um pouco diferente do calculado, por questões estéticas e de alinhamento das luminárias. Basta pensar em como alinharíamos 19 luminárias em uma sala quadrada. Num caso assim, para garantir uniformidade e melhor apresentação usa-se 20 luminárias. O uso diário das lâmpadas foi fixado em 6 horas, dessa maneira, a tabela 12 apresenta os valores em reais correspondentes ao custo total (instalação + operação) durante a vida útil total das lâmpadas que é de aproximadamente 23 anos. O valor do kWh é o valor praticado pela CEEE em junho de 2014. Para o estudo comparativo, será considerado o caso médio de iluminação da norma NBR 5413.

55



Aula 4

Exemplo: Sala de Aula – NBR ISSO 8995-1

Tabela 12: Análise de custo para a escola

Escola	Valor com a NBR 5413	Valor com a ISO 8995-1
Descrição		
Lâmpada + luminária + driver (em reais)	379,59	392,67
Mão de obra instalação por ponto(em reais)	50,00	50,00
Quantidade de pontos	12	20
Valor Total de instalação (em reais)	5.155,08	8.853,40
Uso anual em horas(considerando 6 horas diárias)	2190	2190
Preço do kWh em reais	0,33	0,33
Potência de cada lâmpada (W)	58	58
Valor total da Energia Elétrica Anual (em reais)	503,00	838,33
Valor da Limpeza Anual (em reais)	100,00	100,00
Despesa Operacional Anual (em reais)	603,00	938,33
Despesa ao longo da Vida Útil (em reais)	19.024,06	30.435,04

Fonte: Elaborada pelo autor

56





Aula 4

Exemplo: Sala de Aula – NBR ISSO 8995-1

Percebe-se que o valor de instalação com a nova norma é cerca de 71% superior e o valor da energia consumida, é cerca de 66% superior. Isso acontece, pois além do preço das luminárias com controle de ofuscamento ser superior, o valor médio de iluminância exigido pela ISO 8995-1, quando comparado ao valor médio da norma NBR 5413 é superior. Essa exige 300 Lux e aquela exige 500 Lux.

57



Aula 4

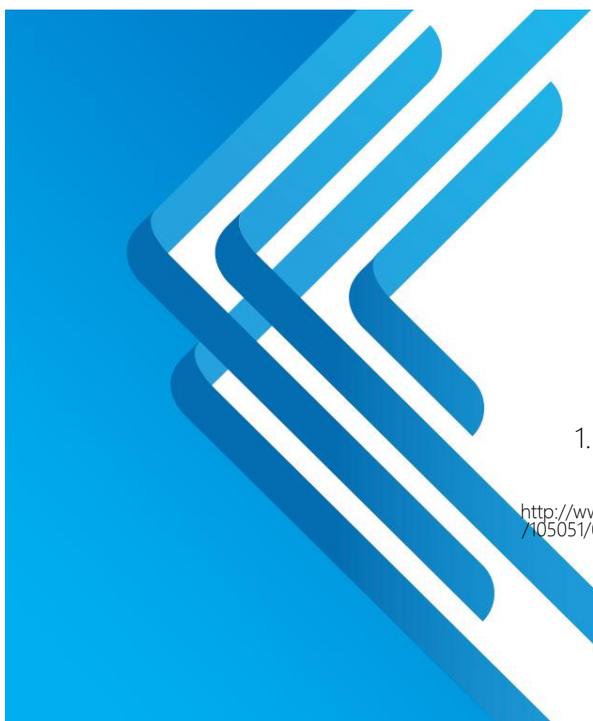
Divisão de grupos para trabalho!!!

Seminário (3 pontos) + parte escrita (2 pontos)

- Solar;
- Hidráulica
- Nuclear;
- Termelétrica;
- Biomassa;
- Geotérmica;
- Marítima;
- Biogás;
- Gás Natural;
- Petróleo;
- Eólica

58





kroton
paixão por educar

Bibliografia desta aula:

1. Dissertação de Mestrado:
Disponível em:

http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/105051/000940469.pdf?sequence=1&locale=pt_BR

59



60