

## **APLICAÇÃO DO REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - ESTUDO DE CASO DA ESCOLA DE ARQUITETURA – UFMG**

**Ana Carolina de Oliveira Veloso (1); Carla Patrícia dos Santos Soares (2);  
Roberta Vieira Gonçalves de Souza (3)**

(1) Bolsista de Iniciação Científica, Graduanda de Arquitetura e Urbanismo, [acoveloso@gmail.com](mailto:acoveloso@gmail.com)

(2) Bolsista de Iniciação Científica, Graduanda de Arquitetura e Urbanismo, [pati.incd@gmail.com](mailto:pati.incd@gmail.com)

(3) Dra, Professora do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo,  
[robertavgs@hotmail.com](mailto:robertavgs@hotmail.com). Universidade Federal de Minas Gerais, Laboratório de Conforto Ambiental e  
Eficiência Energética de Edificações, Belo Horizonte - MG, 30130-140, Tel.: (31) 3409-8872

### **RESUMO**

Em agosto de 2008, foi lançada no mercado brasileiro o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, RTQ (BRASIL, 2009), com requisitos técnicos que farão com que se possa classificar o desempenho energético de edificações nos itens de Envoltória, Iluminação, Condicionamento de Ar e bonificações. Este artigo apresenta os resultados da aplicação desse Regulamento na Escola de Arquitetura da UFMG somente nos itens de Iluminação e Envoltória. A partir de um levantamento do edifício pôde-se classificá-lo e também elaborar um diagnóstico da situação atual de consumo energético do edifício. Posteriormente foi desenvolvido um projeto de melhoria, levantado o custo estimado de substituição dos sistemas especificados, a fim de diminuir o consumo energético e melhorar o conforto dos usuários. Com essas mudanças, poder-se alcançar a classificação “A” na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), nestes dois itens.

Palavras - chave: Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética – custo-benefício – escola – iluminação - envoltória

### **ABSTRACT**

A Technical Quality Regulation of Energy Efficiency in Commercial, Service and Public Buildings was approved in August 2008 in Brazil. That Regulation determines technical requirements for the energetic performance of buildings, analyzing the building envelope, lighting, air conditioning and incentives. This paper presents the analysis of the School of Architecture of UFMG in the items of building envelope and lighting. From a description of the building, the classification was made according to the Regulation determinations and modifications were suggested in order to enhance its performance in order to make it possible for the building to achieve an “A” classification in the National Energy Conservation Certificate (ENCE), both for the performance of the building envelope and for the lighting system.

Keywords: Energy Efficiency in buildings – cost-benefit analysis – school – lighting - envelope

## 1. INTRODUÇÃO

O preço de qualquer ação de combate ao desperdício é bem menor do que o gasto para a construção de uma usina de geração de energia. Além da economia direta no consumo, a melhora da eficiência energética de processos e equipamentos contribui para o combate do desperdício de energia elétrica e traz vantagens diretas para o consumidor. Combater o desperdício significa usufruir de todo o conforto e vantagens proporcionadas pela energia elétrica da melhor maneira possível, diminuindo os custos de operação, sem abrir mão da qualidade dos serviços e equipamentos. Dessa forma, projetos de combate ao desperdício de energia devem ser desenvolvidos a partir da aplicação de novas tecnologias na produção e manutenção de equipamentos, bem como da conseqüente mudança de hábitos de consumo dos usuários.

Segundo LAMBERTS e PEREIRA (1997), no Brasil as edificações representam 42% do consumo total de energia no país. Sendo as edificações Comerciais e Públicas responsáveis por gastos energéticos de 19% do total deste universo. Nesse contexto, entre 2003 e 2008, foi desenvolvido pelo laboratório de Eficiência Energética em Edificações do departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina o “Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos” - RTQ.

O Regulamento se desenvolve em torno de três principais diretrizes: avaliação e melhoria de desempenho de Envoltória (fachadas e cobertura), de Sistemas de Iluminação e de Sistema de Condicionamento de Ar. Atribui a edifícios novos ou existentes uma etiqueta com classificação de quanto ao desempenho que varia de A a E, sendo o último considerado o menor índice de eficiência, conforme o modelo de etiqueta PROCEL. O índice de eficiência é avaliado por meio de pontuação que varia de 1 a 5, sendo que, no cálculo geral, o Sistema de Iluminação corresponde a 30%, o de Ar Condicionado, 40% e a Envoltória, 30% do total da pontuação.

A concessão da etiqueta será dada nas diferentes fases do edifício: projeto da nova edificação, edificação concluída após o habite-se e reforma de edificação existente (*retrofit*). Ela pode ser dada individualmente para a Envoltória, para a Envoltória e Sistema de Iluminação, Envoltória e Sistema de Condicionamento de Ar ou para os três itens em conjunto. Há ainda bonificações pelo uso de alternativas energeticamente eficientes, como coletores solares, produção de energia eólica ou fotovoltaica, desde que sua eficácia seja comprovada em termos de uma economia percentual mínima estabelecida.

O trabalho de combate ao desperdício de energia tem como principal objetivo a mudança dos paradigmas atuais da sociedade, buscando desenvolver uma nova cultura, através da formação de cidadãos conscientes sobre as necessidades de preservação ambiental. Para tanto, é importante a utilização de equipamentos e processos de produção mais eficientes e estudos aprofundados nessa área.

## 2. OBJETIVO

O objetivo desse artigo é comprovar que ao aplicar esse Regulamento Técnico em um edifício real, no caso a Escola de Arquitetura da UFMG, terá-se benefícios no âmbito econômico e ambiental. A importância de estudos como este, baseia-se no fato de a Universidade ser uma entidade disseminadora de conhecimento e participante na formação ética do aluno e que, por isso, deve assumir a responsabilidade social de promover a consciência ambiental, de extrema importância para o país.



FIGURA 01: Vista da parte frontal da Escola de Arquitetura

## 3. METODOLOGIA

A avaliação do consumo energético da Escola de Arquitetura foi realizada através de levantamento das características da envoltória, dos equipamentos de iluminação e também sobre os perfis de uso da mesma. Tais itens foram levantados devido a exigências do Regulamento para classificar a eficiência quanto à envoltória e a iluminação e para posterior análise do custo benefício de eventuais intervenções que se fizessem necessárias. Ressalta-se aqui que o Regulamento não considera o uso da edificação, no entanto o levantamento de perfis de ocupação é fundamental para análise da eficácia de propostas para redução de consumo.

Para a classificação da Envoltória, o nível de eficiência foi estabelecido para a edificação como um todo. Já para a Iluminação, foram analisadas somente as salas de aula, biblioteca e cantina, que de acordo com LUDGERO E ASSIS (2002), correspondem a aproximadamente 70% do uso do sistema de iluminação artificial da Escola. Tal seleção foi feita em função do tempo disponível para a análise deste.

Buscando contribuir para o incentivo da aplicação desse Regulamento foram criados pelo Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética em Edificações, LABCON-EAUFMG, planilhas eletrônicas e padrões de levantamentos que facilitam a aplicação desta.



FIGURA 02: Planta baixa da Escola de Arquitetura, indicando os ambientes analisados para o Item Iluminação.

### 3.1 – Avaliações da envoltória

Considerando que a envoltória é caracterizada por planos externos, como fachadas, empenas, cobertura, brises, marquises, aberturas, assim como quaisquer elementos que os compõem, foi necessário realizar um levantamento de todos os itens descritos acima para uma completa certificação do edifício.

Para sua classificação, foram desenvolvidas tabelas para simplificar e agilizar o trabalho, utilizando o método prescritivo para calcular o Índice de Consumo da edificação. Para determinar as faixas de variação deste Índice de Consumo, primeiramente deve-se classificar a edificação de acordo com sua Zona Bioclimática e depois levantar a sua área de projeção, pois de acordo com o Regulamento, cada Zona terá duas equações correspondentes: uma se a área de projeção da edificação for maior ou igual a 500m<sup>2</sup> ( $A_{pe} \geq 500m^2$ ), e outra para áreas menores que 500m<sup>2</sup> ( $A_{pe} < 500m^2$ ). Como a Escola de Arquitetura se localiza em Belo Horizonte, inserida na Zona 3, e sua área de projeção é maior que 500m<sup>2</sup>, a sua equação correspondente para sua análise será:

$$IC_{env} = -14,14 FA - 113,94 FF + 50,82 PAFt + 4,86 FS - 0,32 AVS + 0,26 AHS - 35,75/FF - 0,54 PAFt \cdot AHS + 277,98$$

Onde:

IC: Indicador de Consumo (adimensional);  
 Ape: Área de projeção do edifício (m<sup>2</sup>);  
 Atot: Área total de piso (m<sup>2</sup>);  
 Aenv: Área da envoltória (m<sup>2</sup>);  
 AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento, entre 0 e 45°;  
 AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento, entre 0 e 45°;

FF: (Aenv/ Vtot), Fator de Forma;  
 FA: (Ap/ Atot), Fator Altura;  
 FS: Fator Solar;  
 PAFt: Percentual de Abertura na Fachada total (adimensional);  
 Vtot: Volume total da edificação (m<sup>3</sup>).

Para encontrar as variáveis, foram levantados em toda a edificação a área de piso, de cobertura, de envoltória, de abertura, suas proteções solares e o volume da edificação. Para o levantamento da área de abertura e de suas proteções, as aberturas foram divididas por suas fachadas correspondentes e essas por sua orientação solar, ressaltando suas dimensões, área, quantidade existente, porcentagem da área de esquadria e os seus ângulos de proteção. Assim, depois de completado os dados, foi possível encontrar o somatório das áreas de abertura e também, através de uma ponderação, a média dos ângulos de proteção (AVS, AHS). Essa divisão por orientação solar foi feita pensando-se em futuras propostas de melhoria da classificação original.

Calculou-se também o limite máximo e mínimo do Indicador de Consumo para a mesma edificação, utilizando a mesma equação empregada anteriormente. Esses indicadores máximos (IC<sub>máx</sub>) e mínimos (IC<sub>mín</sub>) fornecem parâmetros para se obter o nível de eficiência do edifício analisado.

A edificação, também, teve que atender a alguns pré-requisitos específicos que determinarão a sua classificação final, tais como transmitância e absorvância térmica das paredes e cobertura. Estes, de acordo com seu resultado, poderão alterar a eficiência parcial da Envoltória. No caso da Escola de Arquitetura, as paredes são de tijolo cerâmico de 09 furos com dimensões de 390x190x190 mm, a cobertura é formada por: uma camada de telhado fibrocimento, duas camadas de concreto (150mm de espessura cada uma) e entre elas uma camada de ar (100mm). A partir desses levantamentos, calculou-se através da NBR15220-2, a transmitância térmica da parede e da cobertura. As paredes são todas pintadas de branco e o telhado de cinza claro, levando a absorvância a ter níveis baixos. Com isso, os pré-requisitos atenderam aos mínimos estabelecidos para obtenção de uma classificação parcial "A".

A partir das tabelas desenvolvidas (Tabela 01 e 02), pôde-se gerar a classificação final da Envoltória que para o caso estudado, a Escola de Arquitetura da UFMG, obteve-se classificação final "B". Com esse resultado, elaborou-se uma análise e fizeram-se recomendações de melhoria da Eficiência.

TABELA 01: Classificação da Escola de Arquitetura.

PRE-REQUISITOS					
Transmitância térmica			Absorvância térmica		Classificação do pré-requisito
Ambiente condicionado?	Uparede	Ucobertura	parede	teto	
NÃO	2,09	1,17	0,4	0,4	A

Ape	1904,89
Atotal	9524,45
FA	0,20
Aenvoltória	9255,11
Vtotal	34747,24
FF	0,27
A envidraçada	1503,60
Afachada	6217,34
PAFt	0,24
PAFoeste	0,22
PAFutilizado	0,24
FS	0,87
AVS	19,00
AHS	27,12
ICenv	124,53
Icmax	144,04
Icmin	117,35
i	6,67

Pavimentos tipo	área por pavimento	numero de pavimentos	área total do tipo
1º andar	2875	1	2875,00
2º andar	2912,74	1	2912,74
3º andar	2341,98	1	2341,98
4º andar	1265,16	1	1265,16
5º andar	129,57	1	129,57
<b>total de pavtos</b>		<b>5</b>	
Acobertura	3037,77		

IC max			
PAFt	FS	AVS	AHS
0,6	0,61	0	0

IC min			
PAFt	FS	AVS	AHS
0,05	0,87	0	0

EFICIENCIA	A	B	C	D	E	NIVEL DE EFICIENCIA
Lim min	-	124,04	130,71	137,38	144,05	
Lim max	124,03	130,70	137,37	144,04	-	

<b>CLASSIFICAÇÃO FINAL</b>	<b>B</b>
----------------------------	----------

TABELA 02: Exemplo da classificação das aberturas divididas por orientação solar.

	FACHADA	ÁREA DE FACHADA	TIPO DE ABERTURA	COMP	ALTURA	Sabertura	% de esquadria	área de vidro	n°	Stotal	AVS	AHS		
NORTE	A	210,35	1	2,40	5,80	13,92	11	12,39	4	49,56	72	27		
			2	6,05	1,75	10,59	11	9,42	1	9,42	65	0		
			3	6,83	3,58	24,43	18	20,04	1	20,04	49	0		
			4	1,77	0,45	0,80	11	0,71	2	1,42	0	0		
	C	286,81	1	1,30	1,95	2,54	10	2,28	4	9,13	65	32	Zarea janela	345,75
			2	2,70	1,95	5,27	10	4,74	12	56,86	65	32	média AVS	39,53
			3	2,55	2,60	6,63	10	5,97	1	5,97	45	32	média AHS	28,96
			4	9,15	1,60	14,64	10	13,18	1	13,18	25	39		
			5	10,55	1,60	16,88	10	15,19	1	15,19	25	45		
			6	2,60	0,60	1,56	10	1,40	1	1,40	56	32		
	J	118,26	1	10,03	1,60	16,05	9	14,60	1	14,60	20	0	Zarea fachada	1288,05
			2	5,03	1,60	8,05	9	7,32	4	29,29	69	23		
	Fc	12,80	1	2,93	1,40	4,10	12	3,60	1	3,60	0	43		
	Fi	85,76	1	4,86	2,65	12,88	12	11,33	4	45,33	0	57		
	La	78,59	1	3,36	3,00	10,08	9	9,17	1	9,17	0	0		
	Lc	22,18	1	7,54	1,40	10,56	9	9,61	3	28,82	0	29		
	H a	98,11	1	0,81	0,80	0,65	12	0,57	2	1,14	0			
			2	5,17	1,15	5,95	12	5,23	1	5,23	0	47		
	Fb	22,82	1	4,25	1,60	6,80	12	5,98	1	5,98	0	0		
			2	1,20	1,60	1,92	12	1,69	1	1,69	90	0		
	5° andar	24,78	1	7,56	0,90	6,80	9	6,19	1	6,19	39	0		
			2	1,50	0,40	0,60	9	0,55	2	1,09	0	0		
	Ob	48,29	1	1,20	2,00	2,40	10	2,16	1	2,16	0	0		
	P	27,69	1	7,70	1,10	8,47	10	7,62	1	7,62	45	72		
	Pa	8,40	1	0,80	2,30	1,84	10	1,66	1	1,66	66	52		
	Ld	211,27												
	Fi	31,94												

### 3.2. Avaliação da Iluminação

Para avaliação desse Item, foram feitos inicialmente os levantamentos dos sistemas de iluminação das salas de aula e de espaços de uso público, como cantina e biblioteca, juntamente com análises dos lugares de acordo com suas características físicas, usos e área. Os dados foram tabulados e obtidos por meio do levantamento dos equipamentos (luminárias, lâmpadas, reatores e circuitos), da potência total instalada e da densidade de potência relativa de cada ambiente separadamente. Considerou-se para determinação do nível mínimo de iluminância a NBR5413 e sua variação de acordo com o nível de refletâncias dos ambientes. O resultado desta coleta de dados pode ser visto na Tabela 03.

Calcularam-se também variáveis de referência: índices do ambiente, coeficientes de utilização dos sistemas de iluminação existentes e fator de depreciação. A definição da eficiência do sistema de iluminação foi obtida a partir da determinação da densidade de potência de iluminação relativa final (DPIrf) de cada ambiente separadamente e, por conseguinte, seu equivalente numérico.

Para simplificar o tratamento dos dados, foi preparada uma tabela de classificação do sistema de Iluminação. Esta foi dividida em "Características do ambiente", "Características do projeto luminotécnico" e "Processo de Classificação". Assim, preenchidos todos os dados, obtém-se de maneira automatizada a classificação final da Iluminação para cada ambiente e faz-se a ponderação desta classificação para o total das áreas analisadas em função da área de cada um dos ambientes.

O sistema atual é composto, basicamente, por lâmpadas fluorescentes de 40W, em luminárias de quatro lâmpadas com potência instalada total de 184W. Existem ainda algumas poucas lâmpadas de 32W, em luminárias de duas lâmpadas com potência instalada total de 65W (Tabela 04). Grande parte das salas de aula atende às especificações mínimas de iluminância de acordo com a NBR 5413.

TABELA 03– Características do ambiente – Planilha de Cálculo do RTQ

Informações técnicas				Características do Ambiente								
Nº sala	Amb -Função	NBR 5413	Luminária	Comp	Larg	Perímetro (m)	Pé direito (m)	Plano de trabalho	H média	Área do teto/amb	Área de parede entre o iluminante e o plano de trabalho m2	Área piso/pl. de trabalho
100	SALA DE AULA	200	Sobrepor Comum	6.60	8.90	31.0	3.00	0.7	2.3	58.74	71.30	58.74
116	SALA DE AULA	200	Sobrepor Comum	7.67	10.40	36.1	3.00	0.7	2.3	79.77	83.12	79.77
118	SALA DE AULA	200	Sobrepor Comum	7.70	6.60	28.6	3.00	0.7	2.3	50.82	65.78	50.82
118A	SALA DE AULA	200	Sobrepor Comum	7.70	2.50	20.4	3.00	0.7	2.3	19.25	46.92	19.25
124	SALA DE AULA	200	Sobrepor Comum	3.90	8.40	24.6	3.00	0.7	2.3	32.76	56.58	32.76
128	SALA DE AULA	200	Sobrepor Comum	8.05	9.20	34.5	3.28	0.7	2.58	74.06	89.01	74.06
128A	SALA DE AULA	200	Sobrepor Comum	4.00	9.54	27.1	3.28	0.7	2.58	38.16	69.87	38.16
128B	SALA DE AULA	200	Sobrepor Comum	-	-	45.6	3.28	0.7	2.58	78.68	117.57	78.68
113	SALA DE AULA	200	Sobrepor Comum	6.20	5.28	23.0	2.75	0.7	2.05	32.74	47.07	32.74
135	SALA INFORMÁTICA	200	Sobrepor Comum	7.90	11.00	37.8	3.00	0.7	2.3	86.90	86.94	86.90
200	SALA DE AULA	300	Sobrepor Comum	9.6	7.08	33.36	3.17	0.7	2.47	67.97	82.40	67.97
202 A	LEITURA	200	Sobrepor Comum	7.6	8.79	32.78	3.2	0.7	2.5	66.80	81.95	66.80
202 B	LIVROS	200	Sobrepor Comum	13.38	10.23	47.22	3.2	0.7	2.5	136.88	118.05	136.88
202 C/D	LEITURA	200	Sobrepor Comum	16.39	9.45	51.68	3.2	0.7	2.5	154.89	129.20	154.89
202 E	LEITURA	200	Sobrepor Comum	4.96	6.27	22.46	3.2	0.7	2.5	31.10	56.15	31.10
202 F	LIVROS	200	Sobrepor Comum	10.92	12.14	46.12	3.2	0.7	2.5	132.57	115.30	132.57
202 G	LEITURA	200	Sobrepor Comum	11.56	12.01	47.14	3.2	0.7	2.5	138.84	117.85	138.84
303	SALA DE AULA	300	Sobrepor Comum	3.4	9	24.80	3.4	0.7	2.7	30.60	66.96	30.60
315	SALA DE AULA	300	Sobrepor Comum	11.49	6.69	36.36	3	0.7	2.3	76.87	83.63	76.87
316	SALA DE AULA	300	Sobrepor Comum	6.36	5.36	23.44	3.3	0.7	2.6	34.09	60.94	34.09
318	SALA DE AULA	300	Sobrepor Comum	8.64	6.42	30.12	3.24	0.7	2.54	55.47	76.50	55.47
321	SALA DE AULA	300	Sobrepor Comum	8.64	6.04	29.36	3.24	0.7	2.54	52.19	74.57	52.19
322	SALA DE AULA	300	Sobrepor Comum	8.64	6.47	30.22	3.24	0.7	2.54	55.90	76.76	55.90
320	SALA DE AULA	300	Sobrepor Comum	8.36	12.8	42.32	3.24	0.7	2.54	107.01	107.49	107.01
323	SALA DE AULA	200	Sobrepor Comum	6.38	11.6	35.96	3.24	0.7	2.54	74.01	91.34	74.01
324	SALA DE AULA	200	Sobrepor Comum	7.6	9.64	34.48	3.24	0.7	2.54	73.26	87.58	73.26
410	SALA DE AULA	300	Sobrepor Comum	8.36	9.33	35.38	3	0.7	2.3	78.00	81.37	78.00
412	SALA DE AULA	300	Sobrepor Comum	8.64	6.51	30.30	3	0.7	2.3	56.25	69.69	56.25
413	SALA DE AULA	300	Sobrepor Comum	6.34	11.6	35.88	3	0.7	2.3	73.54	82.52	73.54
414	PET/SALA DE AULA	300	Sobrepor Comum	-	-	41.40	3	0.7	2.3	95.20	95.22	95.20
136	CANTINA	200	Sobrepor Comum	11.13	7.13	36.5	3.00	0.7	2.3	85.07	84.00	85.07
<b>TOTAL/MEDIA:</b>				51.82	60.82					464.97		

TABELA 04– Características do projeto luminotécnico – Planilha de Calculo RTQ

Potência da lâmpada 40W/ Tensão 127 W				Potência da Lâmpada 32W / Tensão 127 W				Potência da Lâmpada 20W// Tensão 127 W				Potência da Lâmpada 16W// Tensão 127 W							
Pot. Total (lâmpadas +reator)( W)	Nº- Luminárias/ ambiente	Nº- Lâmpadas/Luminária	Nºreatore s/luminária	Fluxo luminoso Lâmpada (Tab)	Pot. Total (lâmpadas +reator)( W)	Nº- Luminárias/ ambiente	Nº- Lâmpadas/ Luminárias	Nº reatores/lu minária	Fluxo luminoso Lâmpada (Tab)	Pot Total (lâmpadas +reator)( W)	Nº- Luminárias/ ambiente	Nº- Lâmpadas / Luminária	Nº reatores /luminária	Fluxo luminoso Lâmpada (Tab)	Pot Total (lâmpada +reator)( W)	Nº- Luminárias/ ambiente	Nº- Lâmpadas / Luminária	Nº reatores /luminária	Fluxo luminoso Lâmpada (Tab)
92	1	4	2	2600	65	3	2	1	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	3	4	2	2600	65	3	2	1	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	2	4	2	2600	65	2	2	1	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	2	4	2	2600	65	0	0	0	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	0	0	0	2600	65	3	2	1	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	0	0	0	2600	65	4	2	1	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	0	0	0	2600	65	3	4	2	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	0	0	0	2600	65	7	2	1	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	2	4	2	2600	65	0	0	0	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	6	4	2	2600	65	0	0	0	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	17	2	1	2600	65	7	2	1	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	0	0	0	2600	65	4	4	2	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	0	0	0	2600	65	9	4	2	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	10	4	2	2600	65	0	0	0	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	2	4	2	2600	65	2	4	2	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	7	4	2	2600	65	2	4	2	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	7	4	2	2600	65	1	2	2	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	3	4	2	2600	65	0	0	0	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	0	0	0	2600	65	0	0	0	2350	43	8	2	1	1060	35	0	0	0	1200
92	0	0	0	2600	65	3	2	1	2350	43	0	0	0	1060	35	18	4	2	1200
92	4	2	1	2600	65	6	2	1	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	6	4	2	2600	65	0	0	0	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	6	4	2	2600	65	0	0	0	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	7	4	2	2600	65	1	2	1	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	7	4	2	2600	65	1	2	1	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	3	4	2	2600	65	3	2	1	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	5	4	2	2600	65	1	2	1	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	0	0	1	2600	65	1	2	1	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	0	0	1	2600	65	3	2	1	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	6	4	2	2600	65	0	0	1	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200
92	4	4	2	2600	65	6	2	1	2350	43	0	0	0	1060	35	0	0	0	1200

TABELA 05– Processo de Classificação – Planilha de Calculo RTQ

Processo de Classificação																	
Pot. Total instalada (w)	Fluxo luminoso Total	K ree - At +Apt/ Ap	Variáveis				Classif. Parcial			Condicionantes				Classif. Final	Eq. Num./ Ambiente	Eq. Numérico Final	Classif. "Andar"
			Cor do teto	Cor Parede	Cu - Tab. coeficient e de utilização	Fd- Tab. Fator de depreciação o pg 30	Ef (Lux)	DPI rí - Calc.	Classif. Parcial	Eq. Num.	Segue ABNT?	4.1.1-Tem divisão de circuitos?	4.1.2- Contribuição de luz natural?				
379	24500	1.65	Branco	Branco	0.67	0.80	224	2.89	C	3	ok	-	NÃO	-	D	2	
747	45300	1.92	Branco	Branco	0.71	0.80	323	2.90	D	2	ok	-	SIM	-	D	2	
498	30200	1.55	Branco	Branco	0.65	0.80	309	3.17	D	2	ok	-	SIM	-	D	2	
368	20800	0.82	Branco	Branco	0.50	0.80	432	4.42	D	2	ok	-	SIM	-	D	2	
195	14100	1.16	Branco	Branco	0.67	0.80	231	2.58	B	4	ok	-	SIM	-	B	4	
260	18800	1.66	Branco	Branco	0.54	0.80	110	3.20	D	2	não	-	SIM	-	D	2	
390	28200	1.09	Bege	Branco	0.58	0.80	343	2.98	B	4	ok	-	SIM	-	B	4	
455	32900	1.34	Bege	Branco	0.64	0.80	214	2.70	B	4	ok	-	NÃO	-	D		
368	20800	1.39	Branco	Branco	0.57	0.80	290	3.88	D	2	ok	-	NÃO	-	D		
1104	62400	2.00	Branco	Branco	0.60	0.80	345	3.69	E	1	ok	-	NÃO	-	E		
2019	121300	1.65	Marron	Branco	0.62	0.80	885	3.36	E	1	ok	-	NÃO	-	E		
520	37600	1.63	Bege	Branco	0.65	0.80	293	2.66	E	1	ok	-	NÃO	-	E		2.2648
1170	84600	2.32	Bege	Branco	0.8	0.80	396	2.16	E	1	ok	-	NÃO	-	E		
1840	104000	2.40	Bege	Branco	0.81	0.80	435	2.73	E	1	ok	-	NÃO	-	E		
628	39600	1.11	Bege	Branco	0.58	0.80	591	3.42	E	1	ok	-	NÃO	-	E		
1548	91600	2.30	Bege	Branco	0.80	0.80	442	2.64	E	1	ok	-	NÃO	-	E		
1418	77500	2.36	Bege	Branco	0.81	0.80	362	2.82	E	1	ok	-	NÃO	-	E		
552	31200	0.91	Bege	Branco	0.44	0.80	359	5.03	E	1	ok	-	NÃO	-	E	1	
344	16960	1.84	Branco	Branco	0.44	0.80	78	5.76	E	1	não	-	NÃO	-	E	1	
1455	100500	1.12	Branco	Branco	0.46	0.80	1085	3.93	E	1	ok	-	NÃO	-	E	1	
758	49000	1.45	Branco	Branco	0.44	0.80	311	4.39	E	1	ok	-	NÃO	-	E	1	
1104	62400	1.40	Branco	Branco	0.52	0.80	497	4.25	E	1	ok	-	NÃO	-	E	1	
1104	62400	1.46	Branco	Branco	0.53	0.80	473	4.17	E	1	ok	-	NÃO	-	E	1	
1353	77500	1.99	Branco	Branco	0.60	0.80	348	3.64	E	1	ok	-	NÃO	-	E	1	
1353	77500	1.62	Branco	Branco	0.55	0.80	461	3.97	E	1	ok	-	NÃO	-	E	1	
747	45300	1.67	Branco	Branco	0.55	0.80	272	3.75	E	1	ok	-	NÃO	-	E	1	
985	56700	1.92	Branco	Branco	0.75	0.80	436	2.90	E	1	ok	-	NÃO	-	E	1	
65	4700	1.61	Branco	Branco	0.70	0.80	47	2.47	E	1	não	-	NÃO	-	E	1	
195	14100	1.78	Branco	Branco	0.73	0.80	112	2.37	E	1	não	-	NÃO	-	E	1	
1104	62400	2.00	Branco	Branco	0.77	0.80	404	2.87	E	1	ok	-	NÃO	-	E	1	
1126	69800	2.03	Branco	Branco	0.76	0.80	499	2.65	E	1	ok	-	NAO	-	E	1	
																2.31	D

Após o levantamento das características físicas dos ambientes, calculou-se o K utilizando-se a equação geral de cálculo do Índice segundo o RTQ ((At+Apt)/Ap). Apesar de os ambientes serem, em sua maioria, retangulares, utilizou-se a equação geral a fim de englobar as diferentes formas dos demais ambientes e generalizar os cálculos executados pela tabela.

A partir do cálculo do Índice do ambiente, foi possível analisar os dados levantados e gerar a classificação final do sistema de iluminação, resultando em uma eficiência “D” para a Escola de Arquitetura (Tabela 05). Com isso, foi gerado um diagnóstico preliminar com recomendações para dar base a uma etapa de propostas de melhorias, identificando os usos finais de acordo com os usuários e suas necessidades. Os resultados dessa análise são apresentados a seguir.

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

De acordo com IZARD e GUYOT (1983) a Arquitetura Bioclimática é definida como o uso da tecnologia, se baseando na correta aplicação dos elementos arquitetônicos, com intuito de fornecer ao ambiente construído um alto grau de conforto higrotérmico, com baixo consumo de energia. A partir dessa idéia, foram elaboradas algumas propostas para melhoria da Eficiência Energética do Edifício, objetivando também se obter classificação “A” nos itens Envoltória e Iluminação de acordo com o RTQ. No caso da Envoltória, foram projetados brises para a fachada oeste onde havia grande número de aberturas desprotegidas. Quanto à Iluminação, foi elaborado um novo projeto luminotécnico em que são especificadas lâmpadas e luminárias das mais eficientes disponíveis no mercado.

##### 4.1- Propostas para envoltória

Para a Envoltória da Escola de Arquitetura, em primeiro lugar foram analisadas as fachadas que não apresentavam proteção solar e a partir disso, dar início ao desenvolvimento de projetos específicos para cada uma. A situação da fachada oeste se mostrou mais preocupante, por ter uma grande quantidade de aberturas que estão sem proteção, causando um significativo ganho térmico para os ambientes e desconforto para os usuários. Para desenvolver a proposta de melhoria, foram confeccionadas máscaras para essas janelas de

acordo com a metodologia aplicada por PEREIRA E SOUZA (2008) e assim, fazer o projeto das proteções solares.

O brise projetado é composto por uma prateleira de luz e seis peças inclinadas a 80° na horizontal. A decisão do brise horizontal foi feita pelo fato de que quanto maior o valor do AVS, menor o Índice de Consumo na Zona Bioclimática 3. Esse brise foi simulado no programa Lightscape versão 3.2 (FIGURA 06) e pôde-se comprovar que os níveis de iluminância mínimas para salas de aula, de acordo com a NBR 5413, de 200lux, foram atendidos. Com essa proposta é possível melhorar a classificação original da Escola de Arquitetura e, assim, chegar a uma nova classificação no item Envoltória, obtendo-se a eficiência “A”.

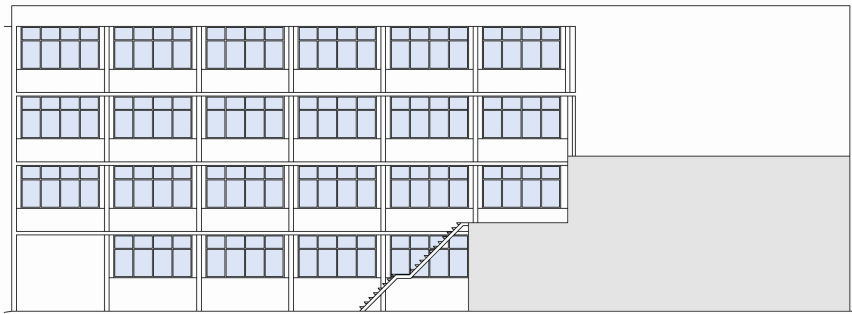


FIGURA 03: Fachada oeste, com aberturas que receberão os novos brises

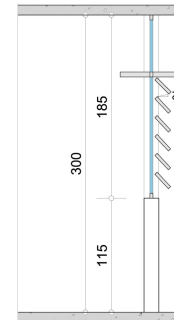


FIGURA 04: Corte do brise proposto

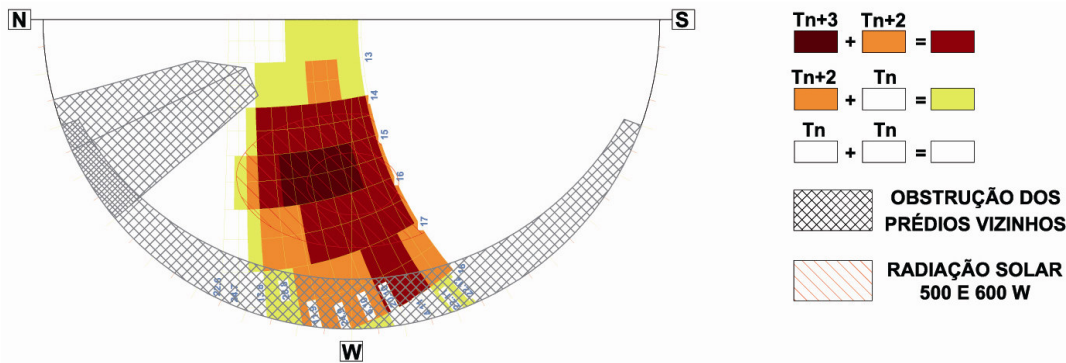


FIGURA 05: Máscara de obstrução externa existente sobreposta à carta solar de Belo Horizonte

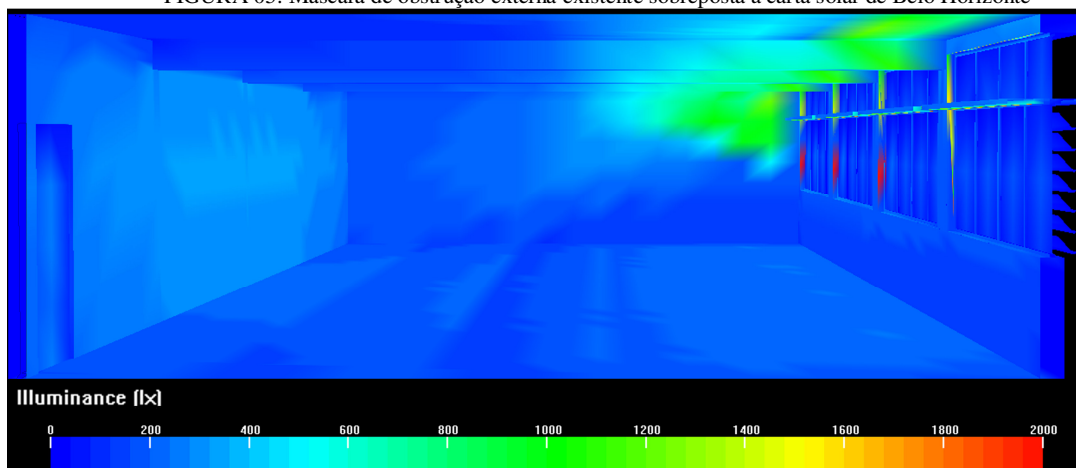


FIGURA 06: Simulação do projeto dos brises horizontais propostos para as salas orientadas para oeste

## 4.2- Propostas para iluminação


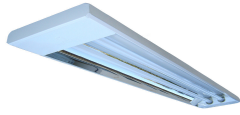
Considerando que o sistema de iluminação artificial do edifício da Escola de Arquitetura é constituído por luminárias, reatores e lâmpadas não eficientes, um estudo preliminar apontando as melhorias necessárias e o potencial de economia de energia foi elaborado.

O sistema atual mostrado previamente é composto, em sua maioria, por lâmpadas fluorescentes de 40W e com reatores de 12 ou 15 W de potência, em luminárias para quatro lâmpadas. A partir da elaboração



de um projeto de iluminação eficiente, considerou-se que com a troca dos atuais equipamentos por lâmpadas fluorescentes de 35W, reatores eletrônicos com alto fator de potência, além de luminárias mais eficientes, com corpo em alumínio anodizado de alta reflexão, será possível substituir quatro lâmpadas por apenas duas em cada luminária. O projeto considerou o índice de reprodução de cores, as exigências normativas da NBR 5413, bem como a contribuição de luz natural, divisão de circuitos e acionamento automático a fim de proporcionar eficiência energética e ao mesmo tempo maior conforto aos usuários. A partir de tais mudanças, o edifício alcançará a etiqueta “A” do Item Iluminação.

TABELA 06– Especificações do projeto de iluminação

<p><b>Existente:</b> Luminária de sobrepor com pintura eletrostática branca e reator alojado no corpo equipadas com quatro lâmpadas fluorescente tubular de 40W/T12 e reator eletromagnético.</p>	 <p><b>FIGURA 07 - Luminária existente</b></p>	<p><b>Proposta:</b> Luminária de sobrepor com corpo de chapa de aço galvanizada e pintada, refletor facetado em alumínio anodizado de alta pureza e refletância, para duas lâmpadas fluorescente trifósforo de 32W/T8 com reator eletrônico de alto fator de potência. Exemplo: luminária da marca Luminária Modelo oct 1369 - Marca Indelpa.</p>	 <p><b>FIGURA 08 - Luminária proposta</b></p>
---	---	---	--

Foi prevista também uma Iluminação de tarefa para complementar a iluminação dos quadros negros das salas de aula e nas áreas de leitura da biblioteca, a fim de distribuir, de forma adequada, a luz sobre o campo de trabalho e permitir uma redução no consumo de energia. Esta iluminação não é levada em conta no cálculo de DPI de acordo com a RTQ.

Nota-se que em escolas há um uso intensivo de iluminação artificial durante o dia e a Escola de Arquitetura não é uma exceção a este padrão. Apesar de a RTQ prever a divisão de circuitos com apagamento das luminárias próximas às aberturas, considera-se que projetos mais eficientes que integrem de forma adequada a iluminação natural aos ambientes de estudo possam produzir resultados ainda mais satisfatórios.

## 5. RESULTADOS

Para uma intervenção consciente nos índices de Envoltória e Iluminação da Escola de Arquitetura da UFMG, conforme a Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética em Edificações foi elaborado um estudo de custo-benefício do investimento.

No sistema de envoltória, a implantação dos brises nas vinte e duas janelas da fachada oeste resultará em uma diminuição da carga térmica adquirida pelos vidros e a melhoria do bem estar dos usuários. Simulações feitas com o programa Arqutrop® em uma sala orientada para a fachada oeste, com os mesmos parâmetros existentes no local, em um dia típico de verão, mostrou que essa mudança é significativa, reduzindo a carga térmica máxima em aproximadamente 5 vezes como pode ser visto nas figuras 09 e 10.

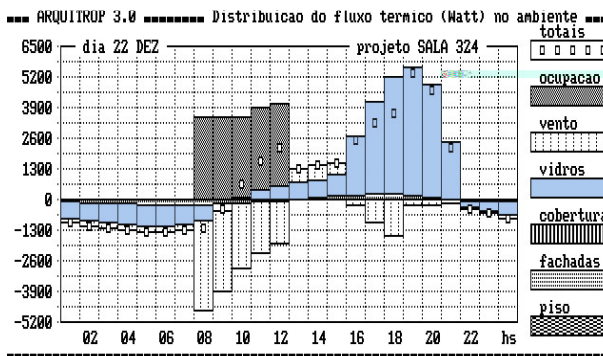


FIGURA 09: Sala sem proteção dos brises

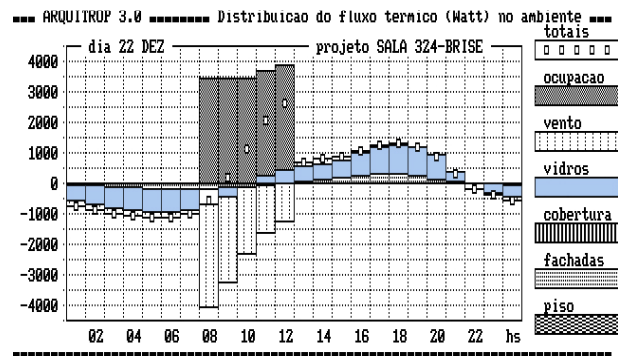


FIGURA 10: Sala com proteção dos brises

No sistema de Iluminação, foi considerado para cálculo de investimento o payback simples, pois de acordo com CARLO (2008), existem várias formas de cálculo de retorno, mas esse se trata de um índice econômico de fácil aplicação. Nota-se que apesar de o payback desconsiderar a análise de ciclo de vida, sua aplicação a este artigo se torna viável, pois este valor vem a agregar no tempo de investimento.

Se o antigo sistema for substituído pela nova proposta, haverá uma redução de cerca de 22,15 kW da potência total instalada nos ambientes analisados. O consumo mensal diminui de 4160 kWh para 1800 kWh.

Para o cálculo do tempo de retorno considera-se a tarifa THS verde A4, em que o valor médio de consumo de energia (R\$/kWh) fornecido pela CEMIG entre o período seco e o úmido se dá a R\$1,21.

O investimento para a implantação do novo sistema é de R\$57.940,00, a diferença de custo de manutenção entre o sistema antigo e o novo de R\$2859,00, a Ec (energia conservada anualmente) de 424.995,36 kWh/ano, assim, tem-se um retorno de investimento (Payback) de 5,3 anos. Uma vez que esses equipamentos são de alta tecnologia, a sua vida útil será bem maior do que aquela dos equipamentos utilizados hoje na Escola, diminuindo o custo de manutenção.

TABELA 07- Tabela de Síntese

Consumo Atual em kWh /mês	4160,80
Consumo previsto após implementações em kWh/mês	1800,00
Economia obtida em kWh/mês	2360,00
Economia obtida em reais/ mês em R\$	2856,00
Investimento em R\$	57.940,00

Para garantir a confiabilidade dos resultados obtidos, o valor total do consumo, estimado a partir destes dados, foi comparado com os valores medidos por meio das contas de energia.

## 6. CONCLUSÃO

Em geral, o estudo da aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos nos provou que a sistematização de estudos e projetos de eficiência energética podem trazer resultados objetivos, eficazes e um retorno financeiro cujo tempo deve ser reduzido com a evolução da tecnologia e a diminuição do custo dos sistemas, levando ao conforto dos usuários e minimizando a agressão ao meio ambiente.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005a.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.
- \_\_\_\_\_. **NBR 5413** : “Iluminância de Interiores”. Rio de Janeiro, 1992.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Portaria INMETRO nº 53. Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. 27 de fevereiro de 2009. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/legislacao/detalhe.asp?seq\\_classe=1&seq\\_ato=1424](http://www.inmetro.gov.br/legislacao/detalhe.asp?seq_classe=1&seq_ato=1424)>. Acesso em 05 mar. 2009. ELETROBRAS - <http://www.eletronbras.gov.br/> acessado em 12/12/2008
- CARLO, J.C. Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais. 2008. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina/ Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2008. INDELPA - Catálogo Geral. Disponível em <http://www.indelpa.com.br/>; acessado em 07/12/2008.
- CEMIG, Agência Virtual. Disponível em: <http://agenciavirtual.cemig.com.br/portal/avisos/?txtCod=1#>. Acessado em 28/05/2009.
- IZARD, J.L. & GUYOT, A. Arquitetura Bioclimática. Barcelona, Gustavo Guili, S.A., 191P., 1983.
- LAMBERTS, R., DUTRA, L. e PEREIRA, F. O. R. – Eficiência Energética na Arquitetura – PW Editores - São Paulo, SP, 1997.
- LUDGERO, Jussara Grosch; ASSIS, Eleonora Sad de. (2006) Avaliação preliminar do consumo energético desagregado da Escola de Arquitetura da UFMG, Anais eletrônicos do Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Curitiba, 2003.
- OSRAM - Catálogo Geral. Disponível em <http://www.osram.com.br/>; acessado em 07/12/2008
- PEREIRA, I. M. and SOUZA, R.V. G. (2008). *Proteção solar em edificações residenciais e comerciais - desenvolvimento de metodologia*. Anais eletrônicos do X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Fortaleza, CE, 2008. 10p. Anais... ISBN: 978-85-89478-27-4.

## 7. AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao CNPq pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto e nas bolsas de pesquisa, a Marcelo Ferreira Rego da equipe de Tecnologia da Informação da UFVJM (Universidade Federal Vale do Jequitinhonha e Mucuri) e a Daniel Oliveira Amaral, da equipe de bolsistas do LABCON-UFMG pelas simulações.