UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
Campus Universitário – Trindade
Florianópolis – SC – CEP 88040-900
Caixa Postal 476

Fundação de Ensino e Engenharia em Santa Catarina
http://www.feesc.org.br

CB3E - Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações
http://www.cb3e.ufsc.br

Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
http://www.eletrobras.gov.br

Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
http://www.eletrobras.gov.br/procel

Convênio ECV-DPI 2012 Eletrobrás/UFSC

MANUAL DE USO DA PLANILHADE CÁLCULO DO DESEMPENHO DE UHS DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS (MÉTODO PRESCRITIVO)

Elaborado por (equipe):

Coordenação:
Prof. Roberto Lamberts, PhD

NR – Núcleo de Edificações Residenciais:
Pós Doutoranda:
Michele Fossati, Dra. Eng.Civil
Doutorandos:
Andrea Invidiata, Msc. Arquiteto e Urbanista
Mestrandos:
Juliana Cruz, em Engenharia Civil
Graduandos:
Amadeus Chambarelli, em Engenharia Civil
Cristiano Teixeira, em Arquitetura e Urbanismo

Florianópolis, dezembro de 2013

Conteúdo

Objetivo..... 3
Introdução..... 3
Procedimentos iniciais..... 3
Obtenção da Planilha..... 3
Habilitação da planilha..... 3
Apresentação da Planilha..... 4
Preenchimento das Planilhas..... 13
Considerações finais..... 16

Objetivo

Este manual objetiva explicar o uso da planilha para a determinação do nível de eficiência energética das unidades habitacionais autônomas (UHs).

Introdução

A “Planilha de cálculo do desempenho da UH - método prescritivo", foi desenvolvida pelo Centro Brasileiro de Eficiência Energética de Edificações - CB3E - para auxiliar o processo de classificação das unidades habitacionais autônomas. É avaliado o desempenho dos ambientes, os pré-requisitos, as bonificações, o sistema de aquecimento de água e a pontuação total da edificação. Tal planilha tem a capacidade de fazer o cálculo do desempenho de uma UH por vez.

Procedimentos iniciais

Obtenção da Planilha

A “Planilha de cálculo do desempenho da UH - método prescritivo” está disponível para download no site do CB3E através do link: http://cb3e.ufsc.br/etiquetagem/residencial/downloads/planilhas-e-catalogos.

Habilitação da planilha

Observa-se que o ícone do arquivo indica a presença de uma *macro*. No momento da utilização é necessário que a *macro* seja habilitada; caso contrário, não será possível efetuar nenhuma alteração na planilha.

Para tanto, deve-se:

i. Clicar em “Opções...” presente no Aviso de Segurança na parte superior da planilha;



Figura 1: Aviso de Segurança ao abrir a planilha.

ii. A janela de “Alerta de Segurança – Macro” abrirá. Clicar na opção “Habilitar este conteúdo” e, em seguida, em “OK”;



Figura 2: Procedimento para habilitar o conteúdo da planilha.

Apresentação da Planilha

O arquivo é composto por 6 (seis) abas, cada uma com sua função específica e necessária para a obtenção da pontuação final. São elas:

1. Envoltória e Pré-req dos Amb;
2. Peso das Variáveis;
3. Pré-requisitos da UH;
4. Bonificações;
5. Aquecimento de Água;
6. Pontuação Total.

As imagens a seguir ilustram as seis abas de uma planilha em branco:

Análise da Envoltória e dos Pré-Requisitos dos Ambientes RTQ - Edificações Residenciais

TERMO DE RESPONSABILIDADE (passe o mouse)

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB1	< LIMPAR
Ambiente	Identificação	adimensional		< COPIAR >
	Área útil do APP	m²		APAGAR >
Cobertura	Ucob	W/m².K		
	CTcob	kJ/m².K		
	αcob	adimensional		
Paredes Externas	Upar	W/m².K		
	CTpar	kJ/m².K		
	αpar	adimensional		
Característica construtiva	CTbaixa	binário		
	CTalta	binário		
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional		
	solo	adimensional		
	pil	adimensional		
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m²		
	SUL	m²		
	LESTE	m²		
	OESTE	m²		
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m²		
	SUL	m²		
	LESTE	m²		
	OESTE	m²		
Características das Aberturas	Fvent	adimensional		
	Somb	adimensional		
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m²		
	Pé Direito	m		
	C_altura	adimensional		
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário		
	vid	binário		
	Uvid	W/m².K		
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h		
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m².ano		
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m².ano		

Pré-requisitos por ambiente			
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, Ctpar e αpar atendem?	Não
	Cobertura	Ucob, Ctcob e αcob atendem?	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?	
		Há corredor no Ambiente?	
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m²]	
		Ai/Auamb (%)	
		Atende 12,5%?	
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	
		Av/Auamb (%)	
		Atende % mínima?	
		Tipo de abertura	
		Abertura passível de fechamento?	
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20ºC?	
		Atende?	Não

		Ponderação da nota pela área útil do ambiente	
Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Envoltória para Verão		
	Envoltória para Inverno		
	Envoltória se Refrigerada Artificialmente		
		A PONTUAÇÃO ACIMA NÃO É A NOTA FINAL DA ENVOLTÓRIA. AINDA É NECESSÁRIO PREENCHER ALGUNS PRÉ-REQUISITOS NA ABA "Pré-requisitos da UH"	

Figura 3: Aba “Envoltória e Pré-req dos Amb”.

Análise dos Pesos das Variáveis sobre a Pontuação Final da Envoltória
RTQ - Edificações Residenciais

Célula explicativa	Variáveis	Variação (±)		Porcentagens 0			
				Graus-hora para Resfriamento (GHR)		Consumo para Aquecimento (CA)	
		Recomendada	Avaliada	Variação aumentando a variável	Variação diminuindo a variável	Variação aumentando a variável	Variação diminuindo a variável
Ambiente	AUamb	3,00	3,00				
Cobertura	Ucob	0,50	0,50				
	CTcob	50,00	50,00				
	αcob	0,10	0,10				
Paredes Externas	Upar	0,50	0,50				
	CTpar	50,00	50,00				
	αpar	0,10	0,10				
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	APambN	2,00	2,00				
	APambS	2,00	2,00				
	APambL	2,00	2,00				
	APambO	2,00	2,00				
Áreas de Aberturas Externas	AAbN	0,50	0,50				
	AAbS	0,50	0,50				
	AAbL	0,50	0,50				
	AAbO	0,50	0,50				
Caracteristicas das Aberturas	Fvent	0,25	0,25				
	Somb	0,10	0,10				
Caracteristicas Gerais	AparInt	5,00	5,00				
	PD	0,20	0,20				
Caracteristicas de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	Uvid	0,50	0,50				
Valor sem variar	-	-	-				

Figura 4: Aba "Peso das Variáveis".

Análise dos Pré-requisitos da Envoltória e Equivalente Numérico da Envoltória
RTQ - Edificações Residenciais

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		
	Medição individual de energia?		
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	
		Área Aberturas orientação Sul	
		Área Aberturas orientação Leste	
		Área Aberturas orientação Oeste	
		A2/A1	
		Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?	Não se aplica
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	
		Nº Banheiros com ventilação natural	
		Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?	

		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH	Envoltória para Verão		
	Envoltória para Inverno		
	Envoltória se Refrigerada		

	Nota anterior aos pré-requisitos restantes	Nota final da envoltória da UH
Equivalente numérico da envoltória da UH		

Figura 5: Aba "Pré-requisitos da UH".

Análise das Bonificações
RTQ - Edificações Residenciais

Bonificações			
Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m²)	0
		AATVS (m²)	0
		AATVL (m²)	0
		AATVO (m²)	0
		ATFN (m²)	
		ATFS (m²)	
		ATFL (m²)	
		ATFNO (m²)	
		Pavimento da UH	
		Porosidade a Atender	20,0%
		Porosidade Norte	0,0%
		Porosidade Sul	0,0%
		Porosidade Leste	0,0%
		Porosidade Oeste	0,0%
		Atende pelo menos 2 fachadas?	Não
		Bonificação	0
	Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?	
		Quais dispositivos?	
		Bonificação	0
	Centro Geométrico	Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m?	
		Bonificação	0
	Permeabilidade	Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre ≥ 30% da área da abertura?	
		Bonificação	0
Bonificação Iluminação Natural	Profundidade	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P \leq 2,4 \cdot h_a$?	
		Bonificação	0
	Refletância Teto	Todos os APPs, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6?	
		Bonificação	0
Outras Bonificações	Uso Racional de Água	Bonificação de uso racional de água	
	Condicionamento Artificial de Ar	Bonificação de condicionamento artificial de ar	
	Iluminação Artificial	Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)	
		Bonificação	0
	Ventiladores de Teto	Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência	
		Bonificação	0
	Refrigeradores	Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel?	
		Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante?	
		Bonificação	0
	Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Apresenta medição individualizada de água quente?	
		Bonificação	0
		Total de bonificações	0

Figura 6: Aba "Bonificações".

Análise do aquecimento de Água
RTQ - Edificações Residenciais

Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água	As tubulações para água quente são apropriadas para a função de condução a que se destinam e atendem às normas técnicas de produtos aplicáveis?	
	A edificação apresenta sistema de aquecimento de água?	
	A edificação pertence a região Norte ou Nordeste?	
	O sistema apresenta aquecimento solar?	
	A estrutura do reservatório apresenta resistência térmica maior ou igual a 2,20 (m²K)/W ?	
	Atende?	**Sim**
	As tubulações para água quente são metálicas?	
	A condutividade térmica da tubulação está entre 0,032 e 0,040 W/(mK)?	
	Diâmetro nominal da tubulação (cm)	
	Espessura do isolamento (cm)	
	Condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK)	
	Atende?	
	A maior classificação que a UH pode atingir em aquecimento de	
Sistema de aquecimento a Gás	Pré-requisito: os aquecedores a gás do tipo instantâneo e de acumulação possuem ENCE A ou B?	
	Potência do sistema de aquecimento e volume de armazenamento dentro da variação de + ou - 20%?	
	Demanda	
	Classificação	
Bombas de Calor	Insira o COP do Equipmento (W/W)	
	Demanda	
	Classificação	
Sistema de Aquecimento Elétrico		
Aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas	Insira a Potencia Máxima do Equipamento (W)	
	Demanda	
	Classificação	
Aquecedor elétrico de Hidromassagem	Insira a Potencia Máxima do Equipamento (W)	
	Demanda	
	Classificação	
Aquecedores elétricos por acumulação (Boiler)	Escolha uma opção ao lado:	
	Demanda	
	Classificação	
Caldeiras a óleo	Apresenta Caldeira a óleo?	
	Demanda	
	Classificação	
	Nota final para o aquecimento de água	

Figura 7: Aba "Aquecimento de Água".

Análise da classificação final da UH
RTQ - Edificações Residenciais

Pontuação Total	Identificação	
	Envoltória para Verão	
	Envoltória para Inverno	
	Aquecimento de Água	E
		0,00
	Equivalente numérico da envoltória	
	Envoltória se refrigerada artificialmente	
	Bonificações	0,00
	Região	
	Coeficiente a	

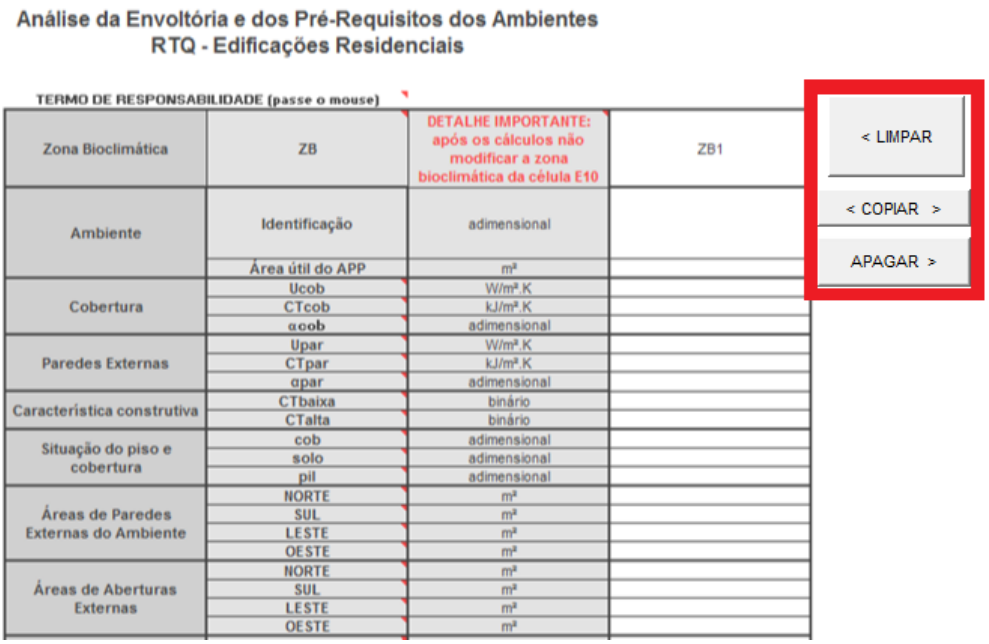
Classificação final da UH	
Pontuação Total	

Figura 8: Aba "Pontuação Total".

As planilhas são compostas por três cores principais. Cinza escuro, cinza claro, e branco. As células em cinza escuro e cinza claro não necessitam de preenchimento por parte do usuário, porém todas as células em branco devem ser preenchidas. Caso haja alguma célula cinza sem preenchimento o usuário não deve se preocupar, pois seus valores aparecerão automaticamente após o preenchimento das células em branco.

Além das células em branco para preenchimento, o usuário da planilha também interage com botões que realizam determinadas funções.

Na primeira aba, "Envoltória e Pré-req dos Amb", estão três botões: Limpar, Copiar e Apagar.



Análise da Envoltória e dos Pré-Requisitos dos Ambientes
RTQ - Edificações Residenciais

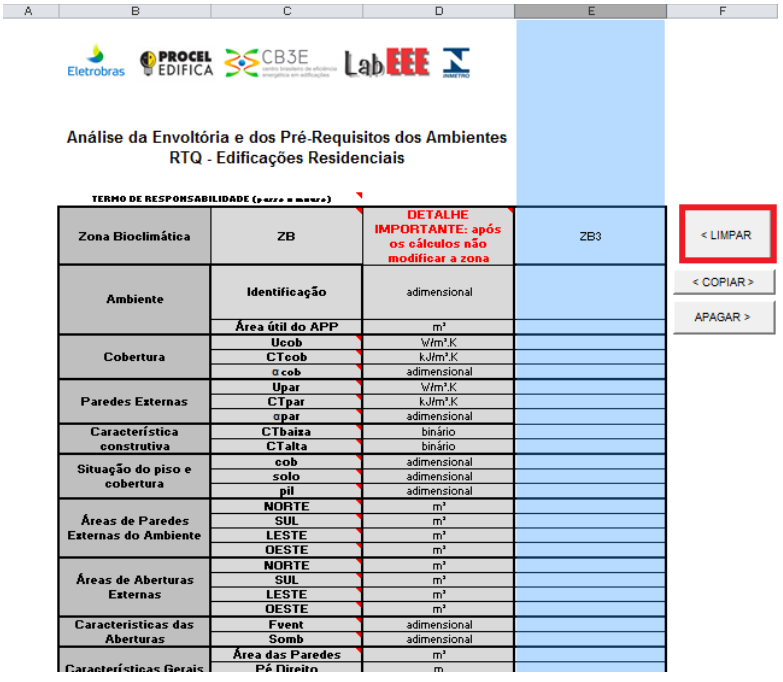
TERMO DE RESPONSABILIDADE (passe o mouse)

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB1
Ambiente	Identificação	adimensional	
	Área útil do APP	m²	
Cobertura	Ucob	W/m².K	
	CTcob	kJ/m².K	
	αcob	adimensional	
Paredes Externas	Upar	W/m².K	
	CTpar	kJ/m².K	
	αpar	adimensional	
Característica construtiva	CTbaixa	binário	
	CTalta	binário	
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	
	solo	adimensional	
	pil	adimensional	
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m²	
	SUL	m²	
	LESTE	m²	
	OESTE	m²	
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m²	
	SUL	m²	
	LESTE	m²	
	OESTE	m²	

< LIMPAR
< COPIAR >
APAGAR >

Figura 9: Primeira aba da planilha com destaque para os três botões.

- Limpar: exclui as informações inseridas pelo usuário na coluna E;



Análise da Envoltória e dos Pré-Requisitos dos Ambientes
RTQ - Edificações Residenciais

TERMO DE RESPONSABILIDADE (passe o mouse)

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	
	Área útil do APP	m²	
Cobertura	Ucob	W/m².K	
	CTcob	kJ/m².K	
	αcob	adimensional	
Paredes Externas	Upar	W/m².K	
	CTpar	kJ/m².K	
	αpar	adimensional	
Característica construtiva	CTbaixa	binário	
	CTalta	binário	
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	
	solo	adimensional	
	pil	adimensional	
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m²	
	SUL	m²	
	LESTE	m²	
	OESTE	m²	
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m²	
	SUL	m²	
	LESTE	m²	
	OESTE	m²	
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	
	Somb	adimensional	
Características Gerais	Área das Paredes	m²	
	Pé Direito	m	

< LIMPAR
< COPIAR >
APAGAR >

Figura 10: Botão Limpar.

- Copiar: copia as informações da coluna E para a coluna G, registrando-as;

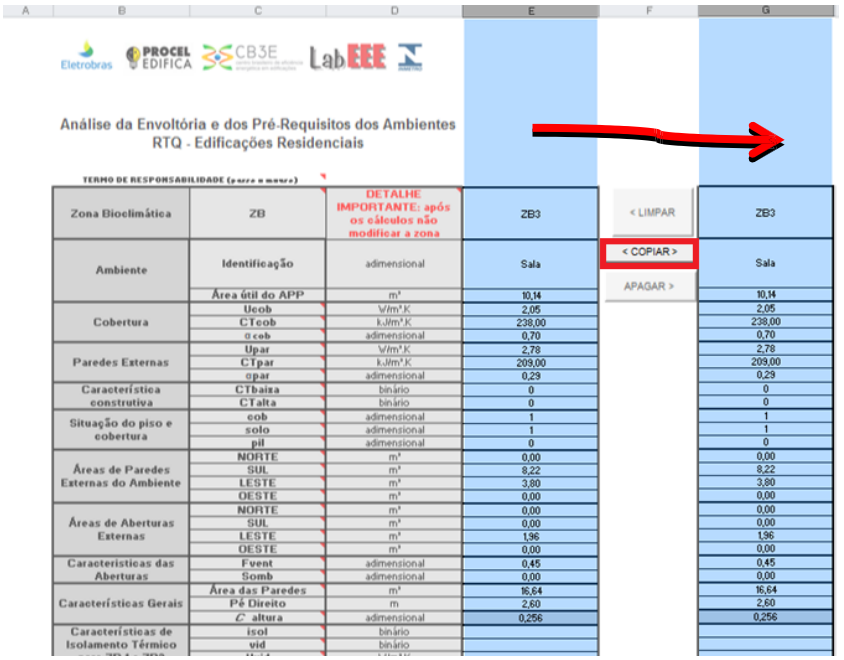


Figura 11: Botão Copiar.

- Apagar: permite apagar uma coluna dentre as que foram copiadas. Ao clicar neste botão, abre-se uma janela para a escolha da coluna que se deseja apagar (Figura 12). A coluna "G" está padronizada como a coluna a ser apagada. Caso seja preciso apagar outra coluna, deve-se indicar a letra e pressionar "OK".

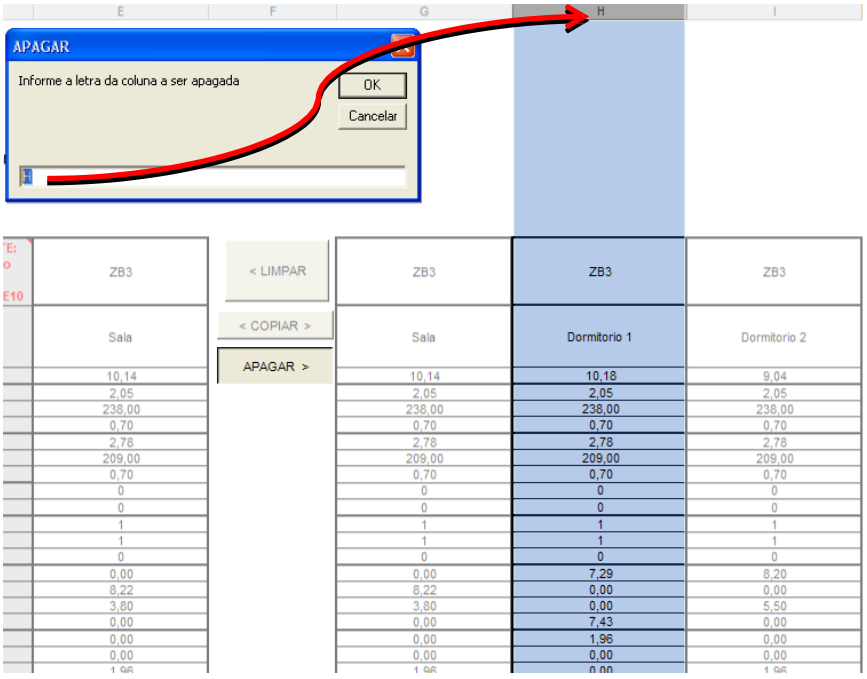


Figura 12: Botão Apagar.

Na segunda aba, há dois botões: Copiar e Apagar, que realizam funções análogas às descritas acima – "copiar" grava as informações das colunas F até M à direita da tabela, enquanto "apagar" exclui informações copiadas, conforme figuras abaixo.

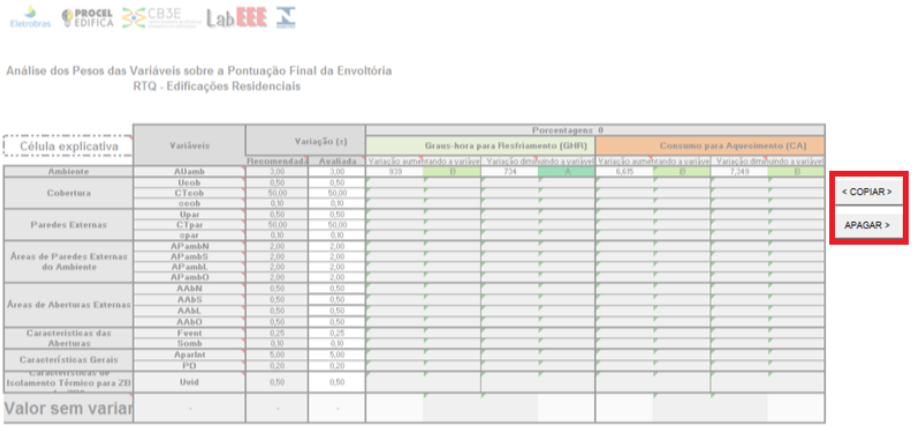


Figura 13: Segunda aba da planilha com destaque para os dois botões.

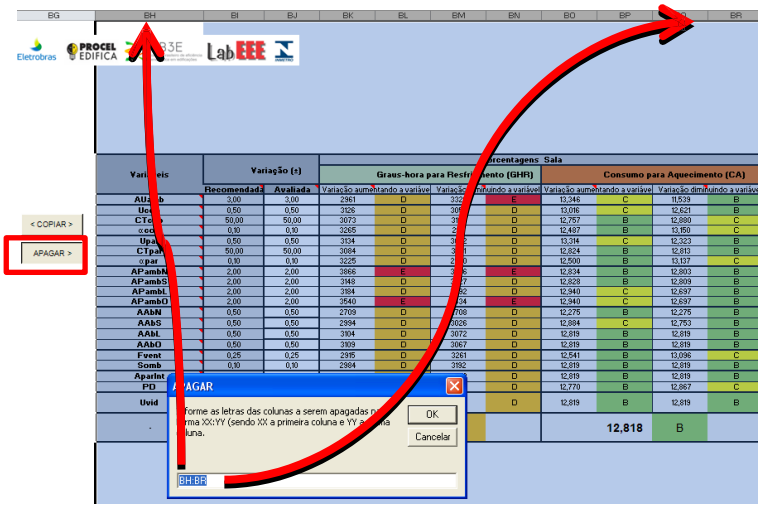


Figura 14: Botão Apagar.

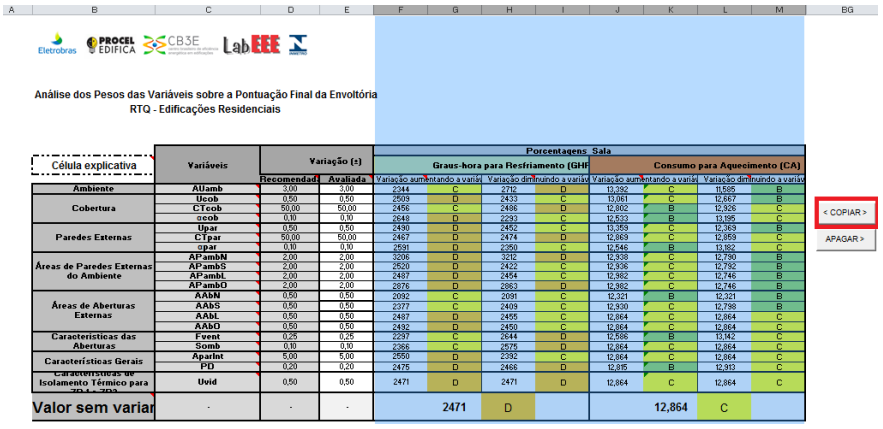


Figura 15: Botão Copiar.

Preenchimento das Planilhas

A **primeira aba** é onde verificamos as condições da Envoltória e dos pré-requisitos de cada ambiente de permanência prolongada (APP) da Unidade Habitacional Autônoma (UH).

Sobre cada variável necessária ao preenchimento (Coluna C) encontra-se uma informação útil para seu entendimento, representado por um triângulo vermelho no canto superior direito. É necessário passar o cursor do mouse sobre estas células para obter as informações pertinentes a ela. Informações sobre como responder encontram-se na própria célula que será preenchida.

As informações do ambiente de permanência prolongada devem ser preenchidas na coluna E. Após o preenchimento dos dados, os indicadores de desempenho da envoltória do ambiente serão gerados automaticamente nas linhas 40 a 45 (avaliação antes da análise dos pré-requisitos dos ambientes) e 119 a 125 (pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente). Deve-se clicar no botão “Copiar” e então este ambiente será inserido no cálculo da UH inteira. Caso haja necessidade de recomeçar o preenchimento, pode-se utilizar o botão “Limpar”, que apaga os valores da coluna E que foram preenchidos.

A **segunda aba - Peso das Variáveis** – é de caráter informativo e seu preenchimento é opcional, não interferindo nos demais cálculos da planilha e na pontuação final. Esta aba foi incluída para que o usuário possa realizar uma análise de sensibilidade dos parâmetros de Graus-Hora para Resfriamento e Consumo de Aquecimento de cada APP preenchido na **coluna E** da primeira aba.

Nesta aba é possível variar o valor das variáveis e verificar o quanto essa variação modifica o resultado final. Ressalta-se que a análise de sensibilidade é feita sobre a variação de *uma variável por vez*. Portanto, nesta planilha não é possível verificar a nota de GHR e CA caso duas variáveis sofressem variações simultaneamente.

Na primeira parte, verifica-se qual é a variação que está sendo utilizada para a análise. Ela é a mesma que a recomendável, mas pode ser alterada conforme necessidade ou curiosidade. Em cada linha, nas colunas que sucedem, temos o valor e a nota consequente e respectivo a $X + \Delta X$ e $X - \Delta X$ (sendo X o valor original da variável e ΔX a variação escolhida), tanto para GHR quando para CA.

A nota original deste APP é mostrada na última linha, para que possam ser feitas as comparações. Assim, é possível ver o que aconteceria com as notas caso o pé direito fosse maior, ou se as paredes fossem pintadas com outra cor, ou se o material utilizado para as paredes tivesse características térmicas diferentes, entre outros.

Caso se deseje saber mais, o usuário pode manter o mouse parado sobre a célula informativa, que se localiza na célula B11.

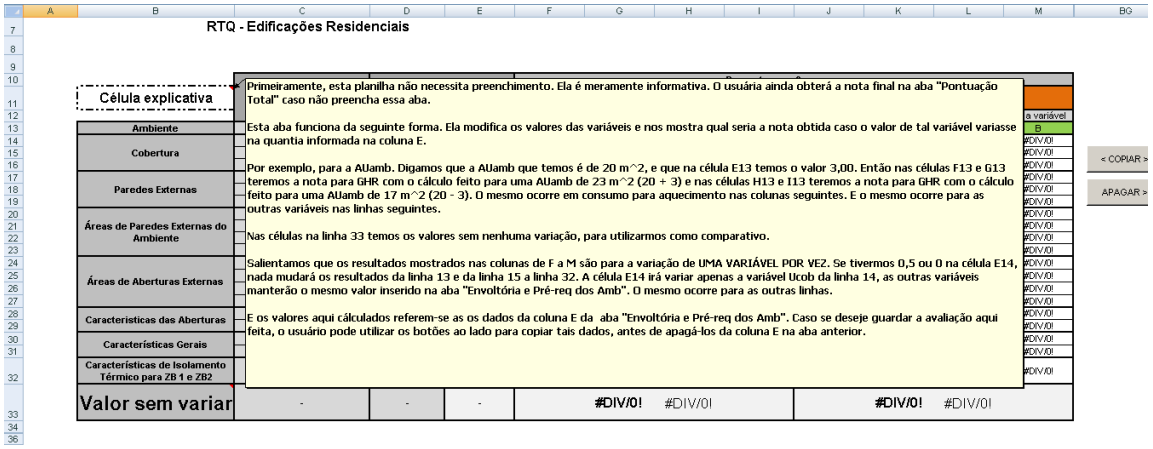


Figura 16: Célula explicativa da aba Peso das Variáveis.

Para o preenchimento das planilhas nas abas seguintes o padrão mantém-se o mesmo. Apenas as células em branco devem ser preenchidas. Os valores nas células cinzas são calculados automaticamente, utilizando, se necessário, valores inseridos e/ou calculados em outras planilhas.

Dentre as abas em questão, a única que têm o resultado final que deve ser calculado manualmente é a de aquecimento de água (Figura 17). O comentário, que pode ser visto ao se colocar o ponteiro do mouse em cima da célula “Nota final para o aquecimento de água”, explica como fazer este cálculo. Este cálculo deve ser feito manualmente, pois existem inúmeros fatores que podem ser considerados no aquecimento de água, de forma que automatizar tal cálculo não seria uma opção viável.

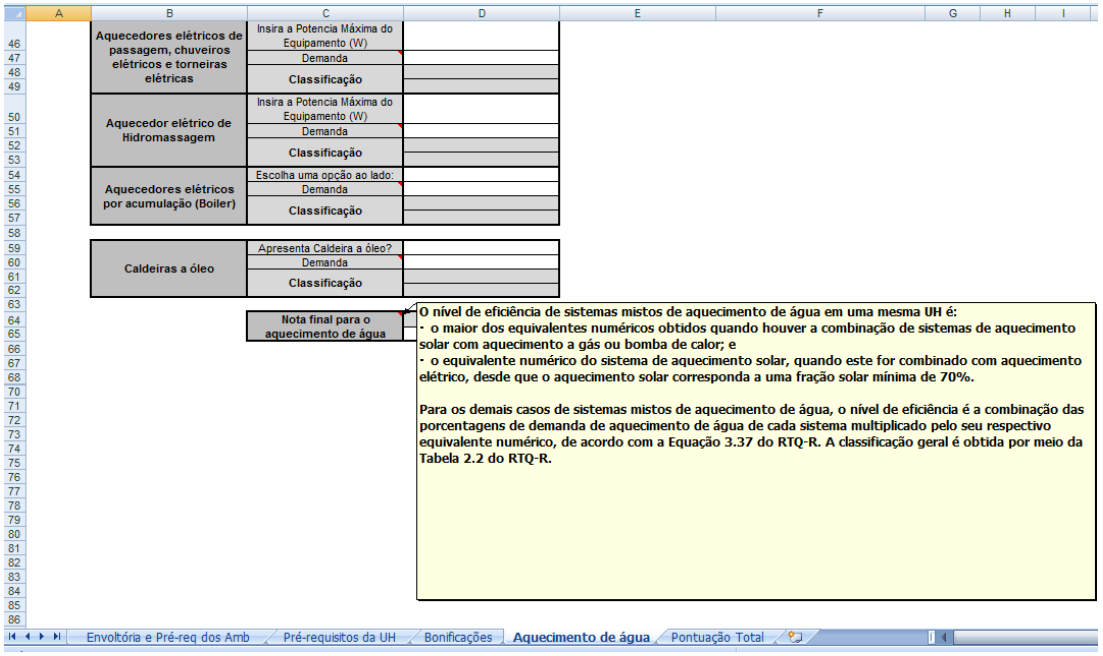
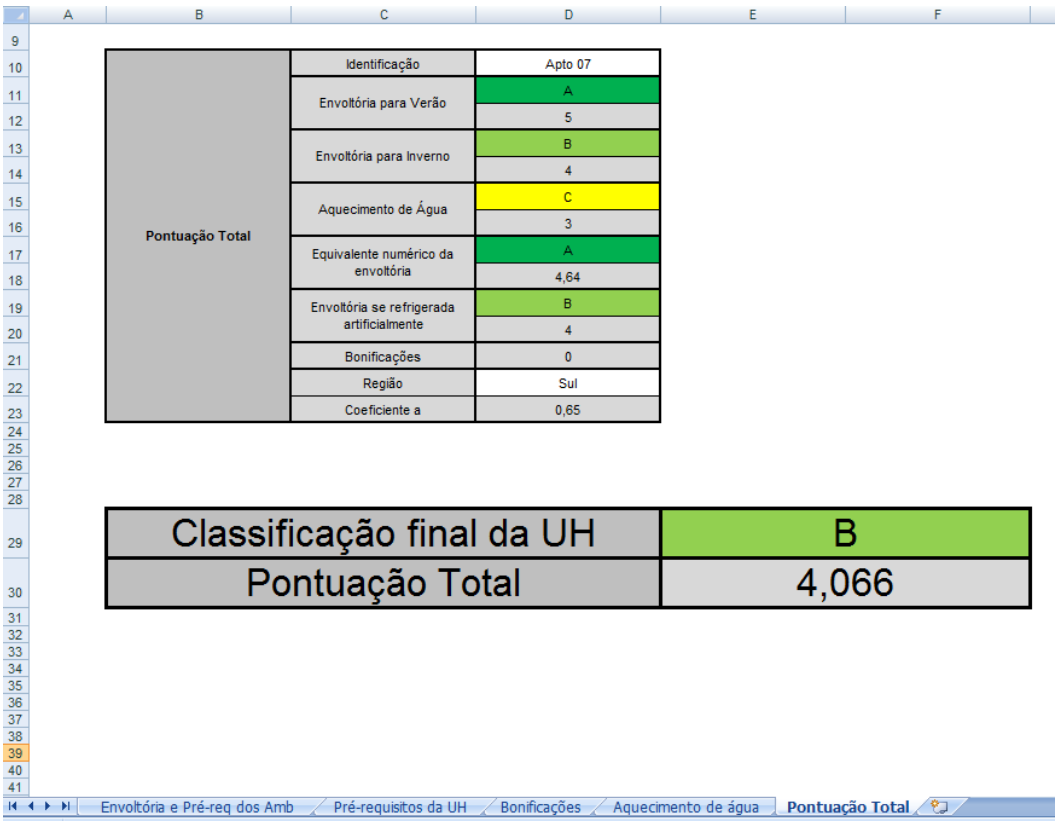


Figura 17: Comentário sobre o cálculo do Aquecimento de Água.

Após o preenchimento de todas as abas da planilha pode-se seguir para a última aba, “Pontuação Total” (Figura 18). Nesta planilha são obtidas a classificação final e a pontuação total alcançada pela UH. As únicas informações que necessitam de preenchimento são a identificação da UH e a região brasileira onde está localizada. Todas as outras informações já são obtidas das planilhas anteriores.



Pontuação Total		
	Identificação	Apto 07
	Envoltória para Verão	A
		5
	Envoltória para Inverno	B
		4
	Aquecimento de Água	C
		3
	Equivalente numérico da envoltória	A
		4,64
	Envoltória se refrigerada artificialmente	B
		4
	Bonificações	0
	Região	Sul
	Coeficiente a	0,65

Classificação final da UH	B
Pontuação Total	4,066

Figura 18: Pontuação Total.

Considerações finais

Qualquer dúvida referente às variáveis e ao método prescritivo devem ser esclarecidas no RTQ-R. Outros documentos que podem auxiliar na compreensão são o Manual para aplicação do RTQ-R e o Determinação do nível de eficiência energética de um edifício exemplo utilizando o RTQ-R.

Caso haja dúvidas em relação às fórmulas aplicadas, estas estão desbloqueadas para *observação* nas células cinzas de preenchimento automático, permitindo verificar a maior parte dos cálculos aplicados.