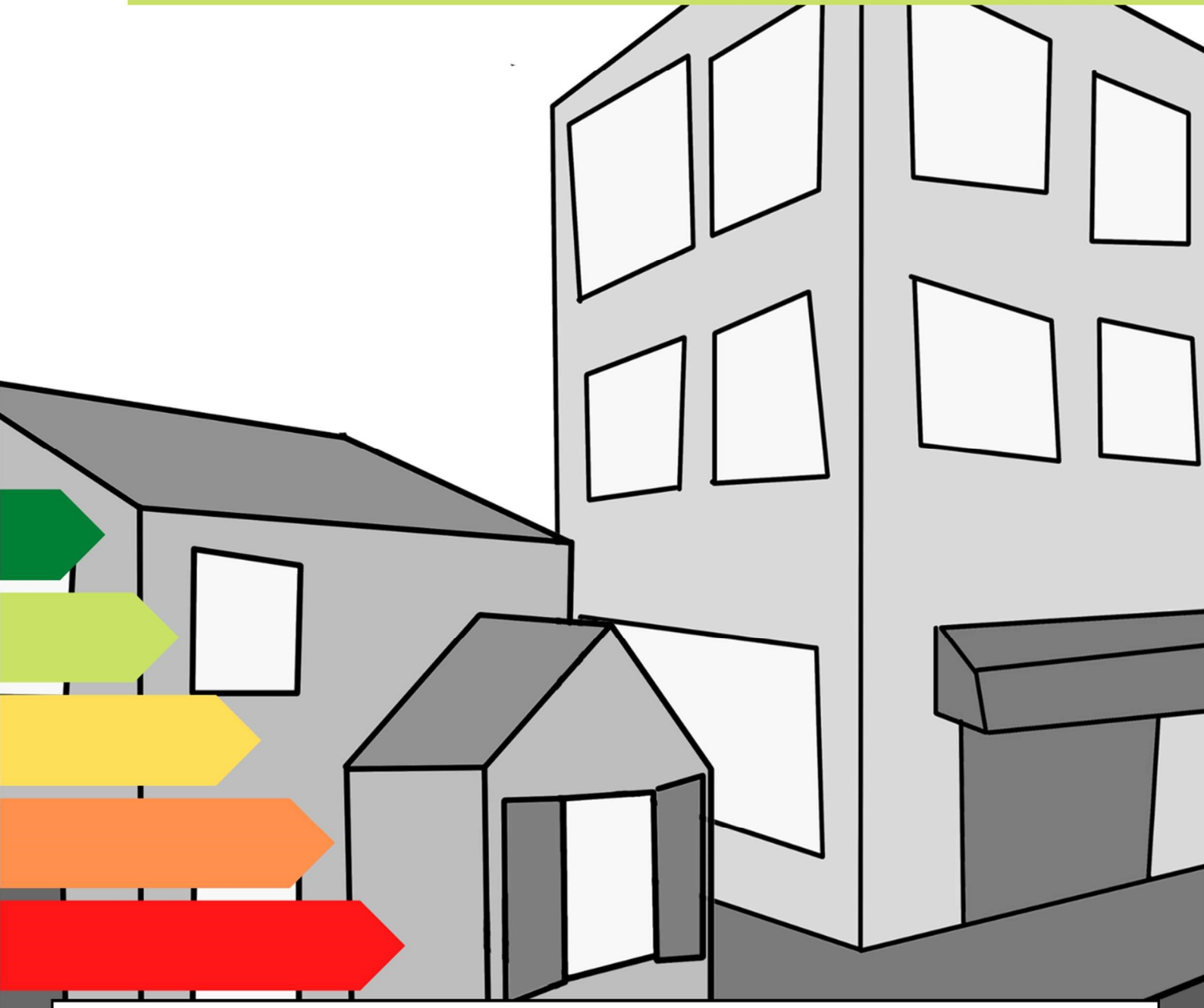
# MANUAL

## Geração Local de Energia Renovável e Informativos



labEEE CB3E centro brasileiro de eficiência energética em edificações INMETRO PROCEL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ENBPar MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

Com base na Portaria nº 309/2022 do INMETRO e NTs 01 e 02

Versão Maio/2025

***Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional – ENBPar / Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL***

Silas Rondeau Cavalcante Silva
Diretor Presidente

Miguel da Silva Marques
Diretor de Gestão de Programas do Governo

Juliana Godoy Alves Tadeu
Superintendente do PROCEL

George Alves Soares
Gerente de Edificações, Indústria, Comércio e Selo PROCEL

Equipe técnica:

Myrthes Marcele Farias dos Santos

Marina da Silva Garcia

***Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações – CB3E – UFSC***

Roberto Lamberts
Coordenador

Ana Paula Melo
Subcoordenadora

Pós-doutorados: Greici Ramos
Letícia Gabriela Eli
Matheus Soares Geraldi
Renata De Vecchi

Doutorandas: Larissa Pereira de Souza
Luíza Tavares de Castro

# APRESENTAÇÃO

Este Manual faz parte de um conjunto de manuais que dão suporte à aplicação da Instruções Normativas Inmetro para a Eficiência Energética de Edificações (INIs) e dos Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC), publicados a partir da Portaria Inmetro n° 309 de 6 de setembro de 2022 (Portaria 309/22). Esta versão do Manual está em consonância com as alterações da Portaria 309/22 determinadas pelas Notas Técnicas 01 e 02.

Na Portaria 309/2022 são apresentados quatro anexos:

- Anexo I: Instrução Normativa Inmetro para a Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (**INI-C**);
- Anexo II: Instrução Normativa Inmetro para a Eficiência Energética de Edificações Residenciais (**INI-R**);
- Anexo III: Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética das Edificações (**RAC**);
- Anexo IV: Selo de Identificação da Conformidade – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (**ENCE**)

Cada Anexo possui seus manuais de aplicação, divididos segundo as definições e os métodos de avaliação. Este Manual faz parte do conjunto de manuais de aplicação da INI-R e da INI-C, e aborda os Anexos D (Geração Local de Energia Renovável), Anexo E (Emissões de Dióxido de Carbono) e Anexo F (Uso Racional de Água) de ambas as INIs.

As definições da **INI-R**, **INI-C** e **RAC** estão também disponíveis em um manual *online* interativo, em que os usuários podem navegar explorando exemplos e visualizando as ilustrações, por meio do link <pbeedifica.com.br/inicmanuais_interativo>.

Na Figura 1 é ilustrado o conjunto de manuais e suas aplicações, com ênfase no presente documento.

*Figura 1 – Conjunto de manuais*



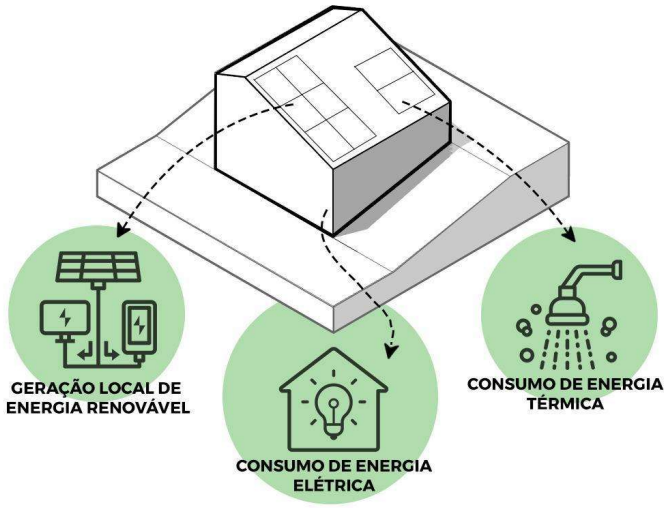
# *SUMÁRIO*

***APRESENTAÇÃO*** ..... ***2***
***GERAÇÃO LOCAL DE ENERGIA RENOVÁVEL*** ..... ***5***
***EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO*** ..... ***8***
***USO RACIONAL DE ÁGUA*** ..... ***10***

# GERAÇÃO LOCAL DE ENERGIA RENOVÁVEL

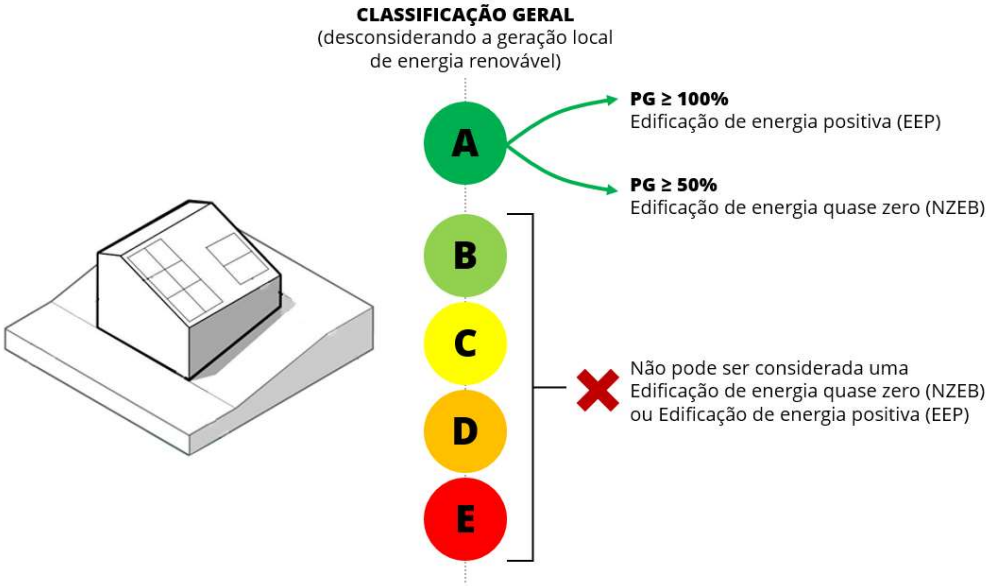
Para realizar a avaliação da edificação quanto ao critério de Edificações de Energia Quase Zero (NZEBs) e Edificações de Energia Positiva (EEPs), é necessário que o projetista já tenha determinado o valor referente à geração local de energia renovável e calculado por meio da P309/22 os consumos de energia elétrica e térmica, conforme representados na Figura 2.

*Figura 2 – Parâmetros para a avaliação da edificação quanto à geração local de energia renovável*




Para receber a classificação NZEB ou EEP, é imperativo que a edificação também seja eficiente energeticamente; ou seja, deve atingir a classificação A de eficiência energética na sua classificação geral, sem considerar a parcela referente à geração local de energia renovável, conforme a Figura 3.

*Figura 3 – Critérios para classificação de EEP ou NZEB*




Para representar esta avaliação, este manual adota um edifício exemplo fictício, localizado na cidade de São Paulo (SP), e de uso de escritórios. O laudo do projetista para o sistema de geração local de energia renovável indicou a instalação de módulos fotovoltaicos na cobertura.

Para calcular o potencial de geração de energia (PG), são utilizados os dados de consumo de energia elétrica ($C_{EE,real}$), consumo de energia térmica ($C_{ET,real}$) e a geração local de energia renovável (GEE) desta edificação. Estes devem ser convertidos em energia primária, tendo como base os fatores de conversão de energia elétrica ($fc_E$) e térmica ($fc_T$), nas Tabelas 8.1 da INI-C e INI-R.

$G_{EE}$ = 90.231,26 kWh/ano

$C_{EE,real}$ = 153.924,4 kWh/ano

$C_{ET,real}$ = 90.943,23 kWh/ano

$fc_T$ = 1,1

$fc_E$ = 1,6

O potencial de geração é então calculado a partir da Equação D.1 da INI-C e INI-R.

$$PG = \left(\frac{G_{EE} \cdot fc_e}{(C_{EE,real} \cdot fc_E) + (C_{ET,real} \cdot fc_T)}\right).100$$

$$PG = \left(\frac{90.231,26 \cdot 1,6}{(153.924,4 \cdot 1,6) + (90.943,23 \cdot 1,1)}\right).100$$

$$\boldsymbol{PG = 42\%}$$

- Avaliação de edificação de energia zero

Segundo o Anexo D, a edificação pode ser considerada NZEB quando o potencial de geração de energia (PG) obtido for igual ou maior a 50%. Portanto, esta edificação não pode ser classificada como NZEB.

- Avaliação de edificação de energia positiva

Da mesma forma, a edificação pode ser considerada uma edificação de energia positiva (EEP) quando o potencial de geração de energia for maior que 100%. Portanto, a edificação exemplo não pode ser classificada como uma EEP.

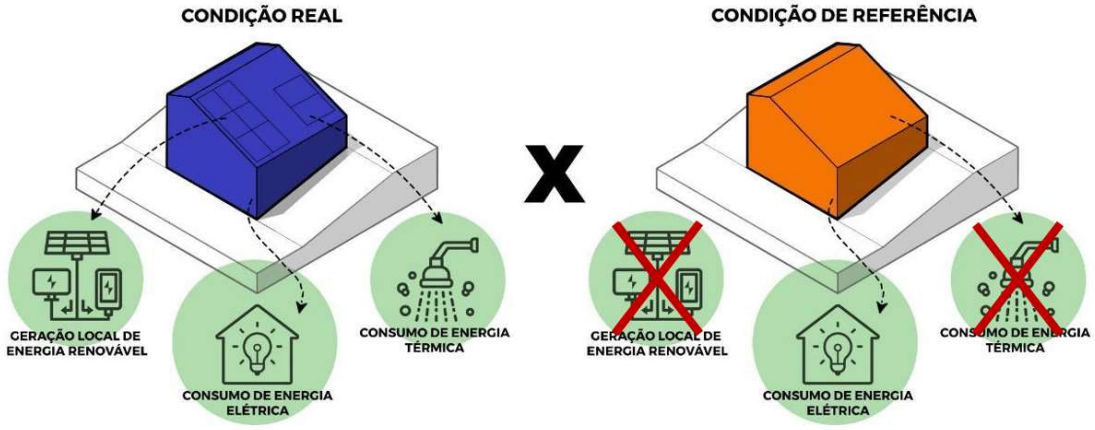
# EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO

O percentual de redução ou acréscimo de emissões de dióxido de carbono ($CO_2$) se dá pela comparação entre a estimativa de emissão de $CO_2$ gerada pelo consumo de energia dos sistemas instalados para as condições real e de referência.

A estimativa de emissões na condição real engloba a geração local de energia (GEE), e o consumo de energia elétrica ($C_{EE,real}$) e térmica ($C_{ET,real}$).

Na condição de referência, que representa uma edificação com classificação D de eficiência energética, considera-se somente o consumo de energia elétrica. Essa relação está representada na Figura 4.

*Figura 4 – Parâmetros de entrada para o cálculo das emissões de dióxido de carbono*




Para calcular o percentual de redução ou acréscimo das emissões de dióxido de carbono ($P_{CO2}$) é preciso calcular a emissão total de dióxido de carbono da edificação em sua condição real ($E_{CO2,real}$) e condição de referência ($E_{CO2,ref}$). A estimativa de emissões na condição real e de referência deve ser obtida a partir da consideração dos fatores de emissão de $CO_2$ na queima de combustível ($fe_T$), e na geração de energia elétrica ($fe_E$), conforme os valores apresentados a Tabela E.2 e Tabela E.3, respectivamente da INI-C e INI-R.

Para a representação do cálculo neste exemplo de aplicação, adota-se o mesmo edifício de escritórios especificado no capítulo anterior. Considera-se que a eletricidade da edificação advém do Sistema Interligado Nacional (SIN), e a energia térmica tem como base a queima de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP). Logo:

$G_{EE}$ = 90.231,26 kWh/ano

$C_{EE,\ real}$ = 153.924,4 kWh/ano

$C_{ET,\ real}$ = 90.943,23 kWh/ano

$C_{EE,\ ref}$ = 304.333,3 kWh/ano

$fe_E$ = 0,090 kg.$CO_2$/kWh

$fe_T$ = 0,227 kg.$CO_2$/kWh

Na condição real, e considerando-se a Equação E.2 da INI-C e INI-R, tem-se que:

$$E_{CO_2,real} = \frac{(C_{EE,real} \cdot fe_E) + (C_{ET,real} \cdot fe_T) - (G_{EE} \cdot fe_E)}{1.000}$$

$$E_{CO_2,real} = \frac{(153.924{,}4 \cdot 0{,}090) + (90.943{,}23 \cdot 0{,}227) - (90.231{,}26 \cdot 0{,}090)}{1.000}$$

$$\boldsymbol{E_{CO_2,real} = 26{,}38\ tCO2/ano}$$

Já na condição de referência, e considerando-se a Equação E.3 da INI-C e da INI-R, tem-se:

$$E_{CO_2,ref} = \frac{(304.333{,}3 \cdot 0{,}090)}{1.000}$$

$$\boldsymbol{E_{CO_2,ref} = 27{,}39\ tCO2/ano}$$

Assim, determina-se o percentual de redução ou acréscimo de emissão de dióxido de carbono da condição real em relação à condição de referência a partir da Equação E.1 da INI-C e da INI-R. Logo:

$$P_{CO_2} = \left[\frac{E_{CO_2,real}}{E_{CO_2,ref}} - 1\right] \cdot 100$$

$$P_{CO_2} = \left[\frac{26{,}38}{27{,}39} - 1\right] \cdot 100$$

$$\boldsymbol{P_{CO_2} = -4\%}$$

Caso o resultado do $P_{CO2}$ seja negativo, tem-se a redução das emissões de $CO_2$ em relação à condição de referência. Caso o $P_{CO2}$ seja positivo, tem-se o acréscimo das emissões de $CO_2$ em relação à condição de referência.

Portanto, conclui-se que neste exemplo há uma redução de 4% nas emissões de dióxido de carbono da edificação real em relação à sua condição de referência.

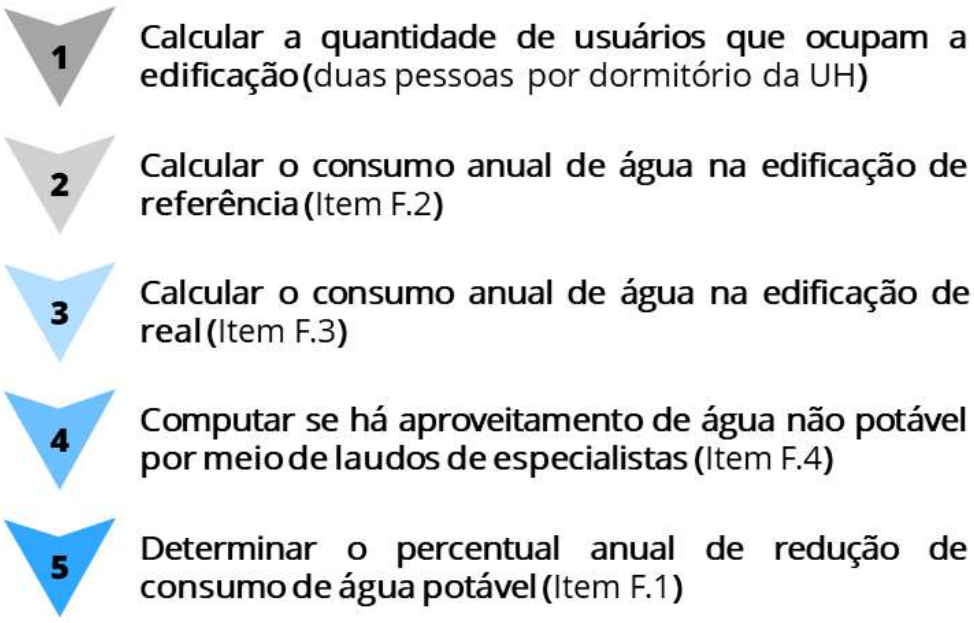
# USO RACIONAL DE ÁGUA

O método para a determinação do percentual anual de redução do consumo de água potável é similar para edificações residenciais e edificações comerciais, de serviços e públicas. Porém, há algumas diferenças devido ao padrão de uso das tipologias.

Tais diferenças se dão no levantamento do número de pessoas na edificação e no número de usos diários dos dispositivos. Consequentemente, isto se reflete no cálculo do consumo anual de água da edificação, tanto na condição real, quanto na condição de referência.

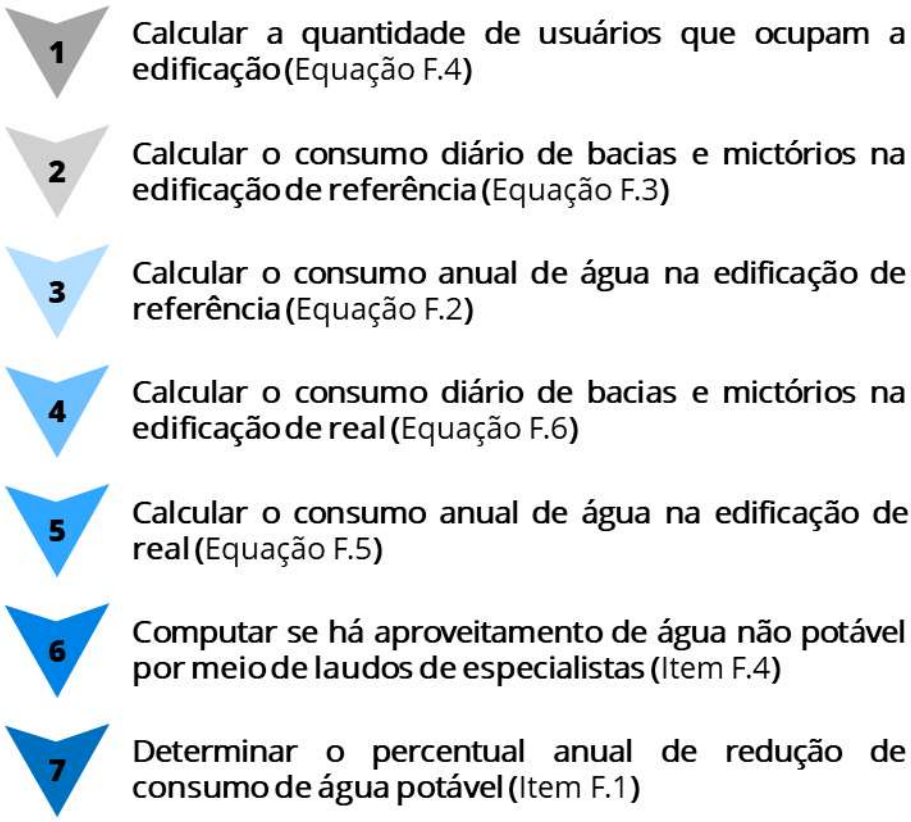
A Figura 5 apresenta o fluxograma para a determinação do percentual anual de redução do consumo de água potável de edificações residenciais, de acordo com os itens e equações da INI-R.

*Figura 5 – Fluxo de trabalho do Anexo F da INI-R*




Na Figura 6 é apresentado o fluxograma de trabalho do Anexo F de edificações comerciais, de serviços e públicas de acordo com a INI-C.

*Figura 6 – Fluxo de trabalho do Anexo F da INI-C*




Neste capítulo, será abordado como exemplo uma edificação educacional de ensino superior, avaliada conforme a INI-C. Esta edificação possui no total seis banheiros:

- Três banheiros (Tipo 1), cada um com: 01 mictório, 02 bacias sanitárias de caixa acoplada e 02 torneiras de lavatório em cada.
- Três banheiros (Tipo 2), cada um com: 03 bacias sanitárias de caixa acoplada e 02 torneiras de lavatório em cada.

- Passo 1: calcular a quantidade de usuários que ocupam a edificação

Para calcular a quantidade de usuários que ocupam a edificação, é necessário obter a densidade de ocupação do edifício. A densidade de ocupação é um valor tabelado, que varia de acordo com a tipologia, indicado nas tabelas de referência do Anexo A e na Tabela F.4 do Anexo F da INI-C. Portanto, calcula-se a ocupação com base na Equação F.4:

$A_{tot}$ = 1.254,15 m²

$DO_{c,educacional}$ = 1,5 m²/pessoa

$$O_{C\ educacional} = \frac{A_{tot}}{DO_C}$$

$$O_{C\ educacional} = \frac{1.254{,}15\ m^2}{1{,}5\ m^2/pessoa}$$

$$O_{C\ educacional} = 836{,}1\ pessoas$$

$$\mathbf{O_{c\ educacional} = 836\ pessoas}$$

Deve-se considerar que 50% da ocupação calculada utiliza os banheiros com mictório, e 50% utiliza os banheiros sem mictório. Logo, cada tipo de banheiro tem ocupação de 418 pessoas, a ser adotada para a condição real e de referência.

**Oc, Tipo 1: 418 (50% do total)**

**Oc, Tipo 2: 418 (50% do total)**

- Passo 2: calcular o consumo diário de bacias e mictórios na edificação de referência

Após o cálculo da ocupação, calcula-se o consumo diário de bacias e mictórios na condição de referência com base na Equação F.3. Este depende da vazão de cada dispositivo na condição de referência ($Q_{ref}$ na Tabela F.1), da duração do uso dos dispositivos ($t$ na Tabela F.2), e do número de usos por dia (UD na Tabela F.3). Portanto:

$Q_{ref,BS,}$ = 6,8 L/fluxo

$UD_{BS,Tipo\ 1}$ = 1 uso

$UD_{BS,Tipo\ 2}$ = 3 usos

$Q_{ref,MIC}$ = 9,0 L/min

$t_{MIC}$ = 0,08 min

$UD_{MIC,}$ = 2 usos

$O_{C,\ 50\%}$ = 418 pessoas

A vazão de bacias sanitárias é determinada pelo tipo de dispositivo. Caso possua válvula de descarga, é necessário multiplicar a vazão (Q, Tabela F.1) pela duração de uso do dispositivo ($t$ na Tabela F.2). Visto que as bacias sanitárias do exemplo possuem caixa acoplada, não é necessária esta etapa de multiplicar pelo tempo de uso neste caso. Portanto:

$$C_{água,ref,BS,MIC} = Q_{ref,BS,M} \cdot UD_{BS,M} \cdot Oc_M + Q_{ref,BS,F} \cdot UD_{BS,F} \cdot Oc_F + Q_{ref,MIC} \cdot t_{MIC} \cdot UD_{MIC,M} \cdot O_C$$

$$C_{água,ref,BS,MIC} = 6{,}8 \cdot 1 \cdot 418 + 6{,}8 \cdot 3 \cdot 418 + 9{,}0 \cdot 0{,}08 \cdot 2 \cdot 418$$

$$C_{água,ref,BS,MIC} = 2.842{,}4 + 8527{,}2 + 601{,}92$$

$$C_{água,ref,BS,MIC} = 11.971{,}52\ L/dia$$

- Passo 3: calcular o consumo anual de água na edificação de referência

No consumo anual de água na edificação de referência considera-se o consumo diário de água de bacias e mictórios, calculado anteriormente, e o consumo de chuveiros, torneiras de lavatórios e torneiras de pias de cozinha.

Os consumos destes dispositivos são calculados da mesma forma que são calculados os consumos das bacias sanitárias e mictórios: com base na vazão (Q, Tabela F.1), na duração de uso (t, Tabela F.2), no número de usos diários (UD, Tabela F.3) e na ocupação ($O_c$, calculada no passo 1).

Além disso, é necessário obter o número de dias de ocupação ao ano para transformar o consumo diário em consumo anual. Este é dado por tipologia, e pode ser encontrado no Anexo A da INI-C. Portanto, calcula-se o consumo anual de água na condição de referência com base na Equação F.2:

$C_{água,ref,BS,MIC}$ = 11.971,52 L/dia

$Q_{ref,TL}$ = 9,0 L/min

$t_{TL}$ = 0,5 min

$UD_{TL}$ = 3 usos

$O_{c,100\%}$ = 836 pessoas

$N_{ano}$ = 200 dias

$$C_{água,ref} = N_{ano} \cdot \left(C_{água,ref,BS,MIC} + Q_{ref,TL} \cdot t_{TL} \cdot Oc + Q_{ref,CH} \cdot t_{CH} \cdot UD_{CH} \cdot Oc + Q_{ref,TC} \cdot t_{TC} \cdot UD_{TC} \cdot Oc\right)$$

Conforme descrito anteriormente, não há chuveiros e torneiras de cozinha neste exemplo. Logo:

$$C_{água,ref} = N_{ano} \cdot \left(C_{água,ref,BS,MIC} + Q_{ref,TL} \cdot t_{TL} \cdot UDtl \cdot Oc\right)$$

$$C_{água,ref} = 200 \cdot (11.971{,}52 + 9{,}0 \cdot 0{,}5 \cdot 3 \cdot 836)$$

$$C_{água,ref} = 4.651.504\ L/ano$$

- Passo 4: calcular o consumo diário de bacias sanitárias e mictórios na edificação real

O cálculo de consumo diário de água de bacias e mictórios da edificação real segue o mesmo método do cálculo da edificação na condição de referência, diferenciando apenas os valores de vazão dos dispositivos. Para a condição real, devem ser adotados os valores de projeto, seguindo a vazão real dos equipamentos especificados.

Neste exemplo, as bacias sanitárias especificadas em projeto para a edificação em sua condição real possuem vazão de 3,0 L/fluxo. Já os mictórios têm vazão de 9,0 L/min.

A duração de uso (t, Tabela F.2), o número de uso diário (UD, Tabela F.3) e a ocupação ($O_c$, calculada no passo 1 e passo 2) possuem os mesmos valores utilizados na condição de referência. Calcula-se o consumo de bacias sanitárias e mictórios com base na Equação F.3:

$Q_{real,BS,M}$ = 3,0 L/fluxo

$UD_{BS,M}$ = 1 uso

$Q_{real,BS,F}$ = 3,0 L/fluxo

$UD_{BS,F}$ = 3 usos

$Q_{real,MIC}$ = 9,0 L/min

$t_{MIC}$ = 0,08 min

$UD_{MIC,M}$ = 2 usos

$O_{CM}$ = 418 pessoas

$O_{CF}$ = 418 pessoas

$$C_{água,real,BS,MIC} = Q_{real,BS,M} \cdot UD_{BS,M} \cdot Oc_M + Q_{real,BS,F} \cdot UD_{BS,F} \cdot Oc_F + Q_{real,MIC} \cdot t_{MIC} \cdot UD_{MIC,M} \cdot Oc_M$$

$$C_{água,real,BS,MIC} = 3{,}0 \cdot 1 \cdot 418 + 3{,}0 \cdot 3 \cdot 418 + 9{,}0 \cdot 2 \cdot 0{,}08 \cdot 418$$

$$C_{água,real,BS,MIC} = 5.617{,}92\ L/dia$$

- Passo 5: cálculo do consumo anual de água na edificação real

Após realizar o cálculo do consumo diário de água em bacias sanitárias e mictórios na condição real, deve-se proceder com o cálculo do consumo anual de água da edificação na condição real.

Conforme descrito no passo 4, adotam-se os valores de tempo de uso, números de usos diários e a ocupação para as torneiras de lavatórios, conforme apresentado anteriormente para a condição de referência.

Além disso, assim como na condição de referência, é necessário o número de dias de ocupação ao ano para transformar o consumo diário em consumo anual.

Neste exemplo, adotou-se o valor de vazão da torneira do lavatório de 9,0 L/min. Assim, tem-se:

$N_{ano}$ = 200

$C_{água,real,BS,MIC}$ = 5.617,92 L/dia

$Q_{real,TL}$ = 9,0 L/min

$t_{TL}$ = 0,5 min

$UD_{TL}$ = 3 usos

$O_c$ = 836 pessoas

$$C_{água,real} = N_{ano} \cdot \left(C_{água,real,BS,MIC} + Q_{real,TL} \cdot t_{TL} \cdot UD_{TL} \cdot Oc + Q_{real,CH} \cdot t_{CH} \cdot UD_{CH} \cdot Oc + Q_{realTC} \cdot t_{TC} \cdot UD_{TC} \cdot Oc\right)$$

Conforme descrito anteriormente, e assim como na condição de referência, não há chuveiros e torneiras de cozinha.

$$C_{água,real} = N_{ano} \cdot \left(C_{água,real,BS,MIC} + Q_{real,TL} \cdot t_{TL} \cdot UD_{TL} \cdot Oc\right)$$

$$C_{água,real} = 200 \cdot (5.617{,}92 + 9{,}0 \cdot 0{,}5 \cdot 3 \cdot 836)$$

$$C_{água,real} = 3.380.784\ L/ano$$

- Passo 6: Computar se há aproveitamento de água não potável

Caso seja previsto o aproveitamento de água não potável na edificação, o cálculo da oferta de água deve ser apresentado em laudo técnico emitido pelo projetista. A partir deste documento, pode-se contabilizar tal oferta no potencial de redução de consumo de água, com base no item F.1 da INI-C.

No edifício exemplo, entretanto, não há previsão de aproveitamento de água não potável no edifício. Logo:

$$O_{água,não\ potável} = 0\ \text{L/ano}$$

- Passo 7: Determinar o percentual anual de redução de consumo de água potável

Baseando-se nos resultados dos cálculos de consumo anual de água da edificação real (Passo 5) e na condição de referência (Passo 3), determina-se o percentual anual de redução do consumo de água potável. Conforme apresentado no passo 6, não há comprovação de aproveitamento de água não potável por meio de laudo. Portanto, calcula-se o percentual anual de redução no consumo de água potável com base na Equação F.1:

$C_{água,\ ref}$ = 4.651.504 L/ano

$C_{água,\ real}$ = 3.380.784 L/ano

$O_{água,não\ potável}$ = 0 L/ano

$$Red_{água} = \left[\frac{C_{água,ref} - (C_{água,real} - O_{água,não\ potável})}{C_{água,ref}}\right] \cdot 100$$

$$Red_{água} = \left[\frac{4.651.504 - (3.380.784 - 0)}{4.651.504}\right] \cdot 100$$

$$\boldsymbol{Red_{água} = 27\%}$$

Dessa forma, pode-se verificar que a edificação na condição real economiza 27% de água potável em comparação com a sua condição de referência.