

Tipologia	Escola de Ensino Infantil	
Caracterização da tipologia	Escola de ensino infantil em edifício independente, com um ou poucos andares, cuja função principal é educacional e assistencial de crianças entre zero e seis anos de idade. A área bruta da edificação deve incluir todo o espaço dentro do edifício, incluindo salas de aula, salas administrativas, cozinha, banheiros, corredores e escadas.	
Equações de <i>benchmark</i>	Cidades com GHR acima de 54.000	
	$\text{CONSUMO_TOTAL_Cenário Salas e Adm Com AC [kWh/m}^2\text{/ano]} = ((-284,67 + 57,76 \cdot \log \text{GHR} + 0,9515 \cdot \text{ILUM} - 4,1113 \cdot \text{PESS} + 25,722 \cdot \text{TURN} + 15,282 \cdot \text{RENO}) \cdot (\text{ÁREA}_{\text{SalaAula}} + \text{ÁREA}_{\text{Administração}}) + (-0,5330 + 1,01988 \cdot \text{ILUM} + 7,3963 \cdot \text{TURN}) \cdot \text{ÁREA}_{\text{Demais}}) / \text{ÁREA}_{\text{Total}}$ $\text{CONSUMO_TOTAL_Cenário SemAC [kWh/m}^2\text{/ano]} = -4,7207 + 1,21214 \cdot \text{ILUM} + 11,8923 \cdot \text{TURN} - 1,1608 \cdot \text{PESS}$	
Equações de <i>benchmark</i>	Cidades com GHR abaixo de 54.000	
	$\text{CONSUMO_TOTAL_Cenário Salas e Adm Com AC [kWh/m}^2\text{/ano]} = ((-9,36 + 3,695 \cdot \log \text{GHR} - 4,583 \cdot \log \text{GDA} + 0,8920 \cdot \text{ILUM} - 3,2194 \cdot \text{PESS} + 16,7 \cdot \text{TURN}) \cdot (\text{ÁREA}_{\text{SalaAula}} + \text{ÁREA}_{\text{Administração}}) + (-0,533 + 1,01988 \cdot \text{ILUM} + 7,39638 \cdot \text{TURN}) \cdot \text{ÁREA}_{\text{Demais}}) / \text{ÁREA}_{\text{Total}}$ $\text{CONSUMO_TOTAL_Cenário SemAC [kWh/m}^2\text{/ano]} = -4,7207 + 1,21214 \cdot \text{ILUM} + 11,8923 \cdot \text{TURN} - 1,1608 \cdot \text{PESS}$	
Escala de Consumo	<p>A faixa de consumo típico tem como limite inferior o consumo mínimo acrescido de um coeficiente “i” e o limite superior o consumo mínimo acrescido de três vezes o fator “i”.</p> <p>Para o cálculo do consumo mínimo, tomam-se como parâmetros fixos da edificação avaliada as variáveis GHR, GDA, TURN, PESS e RENO da equação e, como parâmetro variável [limite mínimo / limite máximo], a variável ILUM [9,9 / 16,32].</p> $i = \frac{\text{consumo máximo da edificação} - \text{consumo mínimo da edificação}}{5}$ <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <div style="background-color: #008000; width: 100px; height: 15px; margin: 0 auto;"></div> <p>Eficiente</p> <p>Consumo mínimo + i</p> </div> <div style="text-align: center;"> <div style="background-color: #cccccc; width: 100px; height: 15px; margin: 0 auto;"></div> <p>Típico</p> <p>Consumo mínimo + 3i</p> </div> <div style="text-align: center;"> <div style="background-color: #ff8c00; width: 100px; height: 15px; margin: 0 auto;"></div> <p>Ineficiente</p> </div> </div>	
Dados de entrada das Equações	GHR	Graus-hora de resfriamento da cidade onde se localiza a edificação [valor do GHR da cidade]
	GDA	Graus-dia de aquecimento da cidade onde se localiza a edificação [valor do GDA da cidade]
	ILUM	Densidade de potência de iluminação instalada [valor em W/m ²]
	TURN	Turno [número adimensional: 1- manhã, 2- manhã/tarde]
	RENO	Renovação de ar [número adimensional: 0 – sem renovação; 1 – com renovação]. Embora a renovação de ar em ambientes condicionados artificialmente no Brasil seja obrigatória por lei e norma técnica, ainda é comum encontrar edificações que não possuem um sistema de renovação de ar.
	PESS	Densidade de alunos em sala de aula [valor de área em m ² por criança]
	ÁREA_{SalaAula}	Área total de salas de aula (apenas caso sejam condicionadas)
	ÁREA_{Administração}	Área total de salas administrativas (apenas caso sejam condicionadas)
	ÁREA_{Demais}	Área total dos demais ambientes
ÁREA_{Total}	Área interna total (somatória das áreas acima)	
Amostra utilizada para o desenvolvimento das equações	<p>Banco de dados de consumo: 135 edifícios (amostra bruta), sendo 116 edifícios (amostra tratada com dados completos, cobrindo 16 Estados brasileiros).</p> <p>Dados de auditorias: 06 auditorias realizadas a partir de visitas <i>in loco</i>.</p>	

Arquétipo simulado

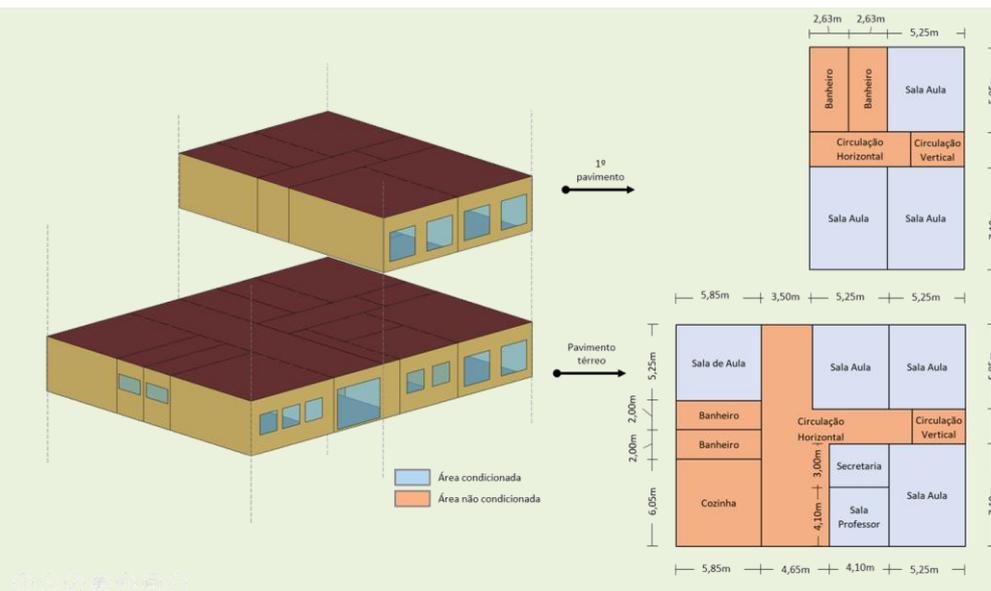


Figura 1. Volumetria e configuração das plantas dos pavimentos - área total de 464,35 m²

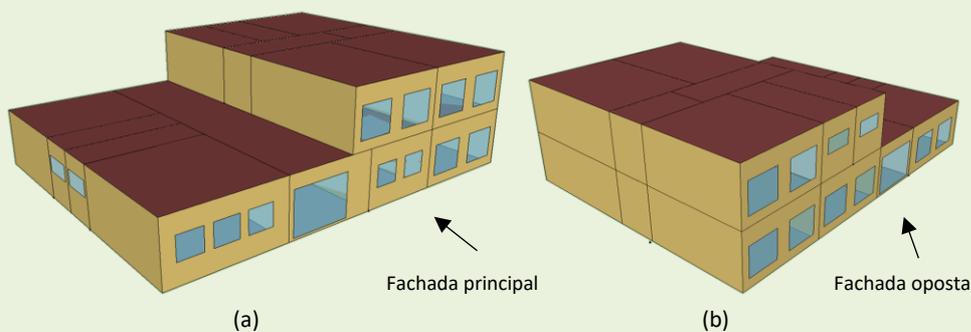


Figura 2. Perspectiva da volumetria

Simulação Realizada

Simulações Energéticas: 12.288 simulações.
Para representar a variedade de condições climáticas e o seu impacto no consumo energético das edificações, especialmente nos sistemas de condicionamento de ar, utilizou-se uma análise do graus-hora de resfriamento (GHR) para um grupo de 413 cidades. O GHR é um indicador de desempenho térmico que representa a somatória total anual da diferença entre a temperatura operativa horária e uma temperatura de base (RTQ, 2017). Foi adotada a temperatura de base de 15°C para cálculo do GHR. A partir da análise do GHR para as 413 cidades, foram determinadas oito faixas de GHR que variam de 10.000 em 10.000 graus-hora. Então, uma cidade populosa, e com arquivo climático disponível, foi selecionada como representativa de cada faixa.

Parâmetros da simulação

Fixos

Envoltória: vidro simples incolor (fator solar de 0,87) e paredes e coberturas expostas à incidência solar.

Nove zonas térmicas condicionadas e 9 zonas térmicas não condicionadas.

Carga prevista para o sistema de aquecimento de água: 5.400 W por chuveiro, sendo um chuveiro para cada 10 crianças e considerando banhos de 5 minutos.

Variáveis

- **Ocupação:** Três cenários de ocupação das salas de aula, sendo um cenário com alta ocupação (1,0 m² por criança), outro cenário com média ocupação (2,0 m² por criança) e outro cenário com baixa ocupação (4,0 m² por criança), estando 2 professores por sala de aula;
- **Envoltória:** Cenário mais eficiente com transmitâncias $U_{\text{parede}} = 2,55 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ e $U_{\text{cobertura}} = 1,01 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ e cenário menos eficiente com $U_{\text{parede}} = 3,85 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ e $U_{\text{cobertura}} = 2,09 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

	<ul style="list-style-type: none"> - Sombreamento: Dois cenários, sendo um sem proteção nas janelas em vidros simples e o outro cenário com janelas do tipo veneziana. - Iluminação: Cenário mais eficiente com DPI média de 9,90 W/m² e cenário menos eficiente com DPI média de 16,32 W/m²; correspondendo, respectivamente, às classes A e D do PBE. - AVAC: Dois cenários, com e sem sistema de condicionamento de ar artificial, sendo o cenário condicionado com equipamentos do tipo Split nas salas de aula e salas administrativas (EER=3,43 W/W) e o outro com ventiladores nestes mesmos ambientes. - Turno: Dois cenários, sendo um cenário em período integral com início das atividades as 8h00 e término as 16h00, e o outro cenário com aulas apenas no período da manhã, mantendo o início das atividades as 8h00 porém com término as 12h00. - Orientação solar: Quatro cenários, um para fachada principal voltada para cada uma das orientações solares Leste, Oeste, Norte e Sul. - Cor da envoltória: Cenário mais eficiente com fachadas em cores mais claras (absortância 0,3) e cenário menos eficiente com fachadas em cores mais escuras (absortância 0,7). - Renovação de ar: Dois cenários, um sem renovação de ar e outro com renovação de ar com a vazão apropriada de acordo com o tipo de ambiente, conforme Nível 2 da norma ABNT NBR 16401-3.
Limitações da equação de benchmark	<p>Equação estima o consumo de energia elétrica na condição de haver ou não condicionamento de ar nas salas de aula e salas administrativas, operando continuamente ao longo de todos os turnos e não considerando situações de condicionamento de ar parcial nestes ambientes.</p> <p>A estimativa é feita apenas para um tipo de sistema de condicionamento de ar (Split) e para um tipo de sistema de aquecimento de água para banho (chuveiro elétrico), logo não considera sistemas centrais de condicionamento de ar e nem sistemas não elétricos para aquecimento de água.</p>
Data de publicação	01/07/2021
Futuros trabalhos	Aprofundar o estudo da tipologia, considerando diferentes sistemas de condicionamento de ar e de aquecimento de água e, também, permitindo cálculos de consumo para escolas totalmente condicionadas e parcialmente condicionadas.
Referências	RT2A.10: Relatório de Auditorias Energéticas – Tipologia de Escola de Ensino Infantil e RT2B.10: Desenvolvimento de arquetipo, modelo de simulação, análise de sensibilidade e equações de benchmark para a tipologia de Escola de Ensino Infantil.
Equipe Técnica CBCS (2018 – 2021)	Coordenador Técnico: Roberto Lamberts; Pesquisadores: Ana Carolina Veloso, Ana Paula Melo, Anderson Letti, Arthur Cursino, Camila Suizu, Daniel Amaral, Eduardo Kanashiro, Matheus Geraldi e Kleber Moura; Coordenador CBCS: Clarice Degani.
Coordenação Eletrobras/Procel	Elisete Cunha
Realização	CBCS Conselho Brasileiro de Construção Sustentável Eletrobras / PROCEL Plataforma de cálculo: plataformadeo.cbcs.org.br Contato: energia.benchmarking@cbcs.org.br