

Análise do desempenho térmico, lumínico e de ventilação natural de projeto padrão de edifício escolar do FNDE de acordo com os requisitos de normas e referenciais nacionais e internacionais nas 8 zonas bioclimáticas brasileiras

Analysis of the thermal, lighting and natural ventilation performance of the FNDE default school building project according to Brazilian and international standards for the Brazilian climatic zones

Cláudia Silva Babick(1); Maurício Carvalho Ayres Torres(2)

1 Arquiteta e Urbanista, Especialista em Engenharia Civil. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão da Prefeitura de Santa Cruz do Sul, Brasil.
E-mail: claudia.planejamento@gmail.com

2 Arquiteto e Urbanista, Doutor em Engenharia Civil. Faculdade Meridional – IMED, Brasil.
E-mail: mauricio.torres@imed.edu.br

Revista de Engenharia Civil IMED, Passo Fundo, vol. 4, n. , p. 110-128, Jul.-Dez. 2017 - ISSN 2358-6508

[Recebido: Nov. 18, 2017; Aceito: Dez. 04, 2017]

DOI: <https://doi.org/10.18256/2358-6508.2017.v4i2.2283>

Endereço correspondente / Correspondence address

Cláudia Silva Babick
Avenida Jacuí, 290, Cristal, Porto Alegre, RS, Brasil.
CEP 90.810-150

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*
Editor-chefe: Luciana Oliveira Fernandes

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui/click here!](#)

Resumo

Buscando reduzir o déficit de vagas nas creches da rede pública, o Governo Federal brasileiro criou, em 2007, o programa Proinfância, o qual disponibilizou recursos para a implantação de escolas de educação infantil e quatro projetos padrão, que desde então vêm sendo construídos em todo o país. Levando em conta estudos que demonstram a ampla relação entre a qualidade das edificações com o desempenho na aprendizagem, este artigo tem o objetivo de verificar se o projeto Padrão Tipo-C, desenvolvido pelo FNDE, é adequado para a utilização nas 8 zonas bioclimáticas brasileiras no que se refere a iluminação, ventilação e conforto térmico. O projeto foi analisado e contrastado às exigências das normas e referenciais técnicos brasileiros e internacionais sobre os temas, verificando se possui as características necessárias para atingir o desempenho requerido em cada requisito. Foi constatado que o projeto não contempla todas as variáveis de estratégias de projeto necessárias para um bom desempenho em todas as zonas bioclimáticas brasileiras, o que pode implicar em maior consumo energético para alcançar requisitos mínimos de conforto para os usuários.

Palavras-chave: Desempenho térmico. Desempenho lumínico. Conforto em escolas. Programa Proinfância. Eficiência energética. Certificações.

Abstract

The Brazilian Government has developed the Proinfância educational program to increasing quality level of childhood education, while disposing resources and standard projects for the implementation of new school buildings throughout the whole territory. Several researches demonstrated the narrow relationship between the design quality of a school building and the learning performance of students. This research aims to verifying the lighting, ventilation and thermal comfort performance in the 8 Climatic Zones of the Standard Project Type C for School Buildings provided by the Proinfância Educational Program. The performance of the Type C project was compared against Brazilian and foreign standards and technical references to identify if it satisfies all the different requirements for the 8 climatic zones. The project did not accomplish with all the requirements for its adequacy and good performance in lighting, ventilation and thermal comfort in the 8 climatic zones.

Keywords: Thermal performance. Illuminance performance. Comfort in schools. Proinfância Program. Energy efficiency. Building certifications.

1 Introdução

1.1 O Plano Nacional de Educação

Parte das ações do Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE) do Ministério da Educação foi instituída através da Resolução nº6, de 24 de abril de 2007, o Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de Equipamentos para a Rede Escolar Pública de Educação Infantil (Proinfância), onde o Governo Federal repassa recursos aos municípios para a construção de creches, compra de equipamentos e mobiliário. O programa investiu na construção de 2.543 escolas, por meio de convênios no período de 2007 a 2014, e a partir de 2011, com o PAC2 (Plano de Aceleração do Crescimento), outras 6.185 unidades de educação infantil foram apoiadas com recursos federais.

1.2 As Zonas Bioclimáticas Brasileiras

A NBR 15220-3: Desempenho térmico das edificações (ABNT, 2005b), baseada em métodos estatísticos e dados de normais climatológicas, dividiu o território brasileiro em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima (figura 1) e, para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas que otimizam o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática.

Um ponto importante a ser analisado são os impactos gerados por um único projeto padrão para todo o país, o qual possui tantas variações climáticas. Segundo Paes e Bastos (2013), isso tende a gerar grandes prejuízos nos níveis de desempenho térmico, que, por sua vez, aumentam o consumo energético dessas edificações. De acordo com Kowaltowski (2011), a arquitetura escolar e a satisfação do usuário em relação à qualidade do ambiente estão diretamente ligadas ao conforto ambiental, que inclui os aspectos térmico, visual, acústico e funcional proporcionados pelos espaços externos e internos.

1.3 Adequação de Ambientes Educacionais

Como a criança é reconhecida como sujeito do processo educacional e principal usuário do ambiente educacional, procuramos identificar parâmetros essenciais para a concepção e a construção de um ambiente físico que ofereça condições compatíveis com os requisitos de infraestrutura definidos pelo PNE, como os conceitos de sustentabilidade e acessibilidade universal, e também com a adequação funcional necessária para o desenvolvimento da proposta pedagógica. Assim, a reflexão sobre suas necessidades de desenvolvimento - físico, psicológico, intelectual e social - constitui requisito essencial para a formulação dos espaços destinados à Educação

Infantil. (Brasil,1998 v2). Esse mesmo documento afirma que é de direito de todas as crianças que as edificações de Educação Infantil, entre outras premissas, possam assegurar o acesso à saúde, à higiene pessoal e dos ambientes; à exposição ao sol e ao ar livre; ao movimento; à segurança; à comodidade, ao conforto, ao aconchego, à beleza e também o acesso das crianças com necessidades especiais.

1.4 Iluminação Natural e Eficiência Energética

A utilização da luz natural nos ambientes traz benefícios à saúde física e psíquica dos usuários, além de minimizar a necessidade de uso da luz artificial, que é responsável por grande parte do consumo energético em edificações não residenciais. A variação da luz natural nas diferentes horas do dia, condições climáticas e estações do ano é importante para marcar os ritmos biológicos e psicológicos das pessoas. As escolas de educação infantil, pelo seu horário de funcionamento e tipo de atividade, possuem grande potencial para a utilização desse sistema, podendo ser atendida plenamente pela luz natural.

No Brasil, a potencialidade de uso da iluminação natural é bastante grande. O território está compreendido entre as latitudes 0° e 32° Sul, aproximadamente, e os valores de iluminância natural disponível podem ultrapassar 70.000 lux ao meio-dia durante o inverno e 100.000 lux ao meio-dia durante o verão. Sendo assim, os valores de iluminância indicados pela NBR 5413 (ABNT, 1992) para as atividades em sala de aula podem ser perfeitamente alcançados durante o dia, apenas com a luz solar, se aberturas adequadas forem adotadas.

2 Método

Levando em conta a meta do novo PNE (Plano Nacional de Educação), que demonstra que o governo federal terá de fazer fortes investimentos para a ampliação de unidades de educação Infantil na próxima década, o presente artigo busca analisar a qualidade do projeto padrão desenvolvido pelo FNDE, da creche Tipo-C para 120 alunos, e ao mesmo tempo procura fazer um comparativo das normas e diretrizes técnicas nacionais com as aplicadas em projetos High Performance Schools (escolas de alto desempenho) nos Estados Unidos, que são referência de desempenho e eficiência, além de apresentarem um alto índice de qualidade no ensino.

Para embasar a análise da edificação do programa Proinfância Tipo-C, foram avaliadas instruções normativas brasileiras referentes a esses elementos. Ao constatar a inexistência de normativas específicas sobre os temas citados para a tipologia da edificação em estudo, fez-se necessário estender a pesquisa buscando referências internacionais. As normativas e referenciais técnicos utilizados neste estudo podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Elementos e respectivas Normas nacionais e internacionais analisados

Elementos Analisados	Normas Nacionais	Normas e Guias Internacionais	Outros Documentos
Desempenho Térmico	NBR 15220; NBR 15575-1; NBR 15575-4; NBR 15575-5	ASHRAE Standard 55; National best practices manual for building high performance schools LEED for Schools; National best practices manual for building high performance schools; High Performance Schools – Best Practices Manual: Volume II (CHPS 2006)	FNDE (2012a); PBE Edifica RTQ-C;
Iluminação	NBR 5413; NBR 15215-3; NBR 15575-1		FNDE (2012a); PBE Edifica RTQ-C;
Ventilação	NBR 15220; NBR 15575-1; NBR 15575-4;	ASHRAE Standard 62.1	FNDE (2012a); PBE Edifica RTQ-C;

Como não existem normas nacionais específicas de conforto térmico para edificações escolares, serão analisadas duas normas nacionais que tratam de ambientes naturalmente climatizados para edificações habitacionais. A NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações – parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social (ABNT, 2005f), que é a Norma de Desempenho Térmico nas Edificações e entrou em vigor em maio de 2005. Esta Norma definiu as 8 Zonas Bioclimáticas Brasileiras, sendo consistentemente referenciada na NBR 15575.

Em vigor desde julho de 2013, a NBR 15575, que apesar de ter como objeto apenas as edificações residenciais, será utilizada neste estudo como um parâmetro a mais, pois contempla o desempenho térmico em ambientes de permanência prolongada. Sendo as salas de aula ambientes de permanência prolongada para crianças em fases de desenvolvimento e aprendizado pré-escolar, a analogia de aplicação dos requisitos da referida Norma a esses ambientes é plausivelmente justificada.

Para a verificação do conforto lumínico serão utilizadas a NBR-5413, Norma Brasileira para Iluminância de Interiores (ABNT,1992), que estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores e a iluminância (em lux) por atividades, e também a NBR-15215-3, Iluminação natural: procedimentos de cálculo para a determinação para a iluminação natural em ambientes internos.

Será empregado também o RTQ-C (Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, Serviços e Públicos) que

apresenta a metodologia de avaliação de conformidade para obtenção do selo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) do Programa Nacional de Etiquetagem (PNE). A obtenção do selo ENCE nível A é obrigatório para prédios públicos federais com área superior a 500m² desde junho de 2014.

O manual do FNDE (2012a) Diretrizes técnicas para apresentação de projetos e construção de estabelecimentos de ensino público: caderno de requisitos e critérios de desempenho para estabelecimentos de ensino público, também foi considerado importante, pois se refere especificamente aos edifícios escolares.

Será abordada a norma americana ASHRAE Standard 55 2010 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy- em que será considerado apenas o método opcional para determinar condições térmicas aceitáveis para ambientes naturalmente ventilados.

A certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações, utilizado em 143 países, incluindo o Brasil. Para esta análise foi utilizado o LEED for Schools (LEED para escolas), que objetiva a construção de edifícios escolares mais saudáveis, confortáveis e com menor custo de operação e manutenção.

National Best Practices Manual for Building High Performance Schools (NBP) fornecido pelo Departamento de Energia dos EUA, é um guia de boas práticas para edifícios escolares, criado para auxiliar no desenvolvimento de projetos e reformas, para melhorar o nível de eficiência energética e incentivar o uso de energias renováveis, assim como o Collaborative for High Performance Schools – Best Practices Manual: Volume II (CHPS, 2006).

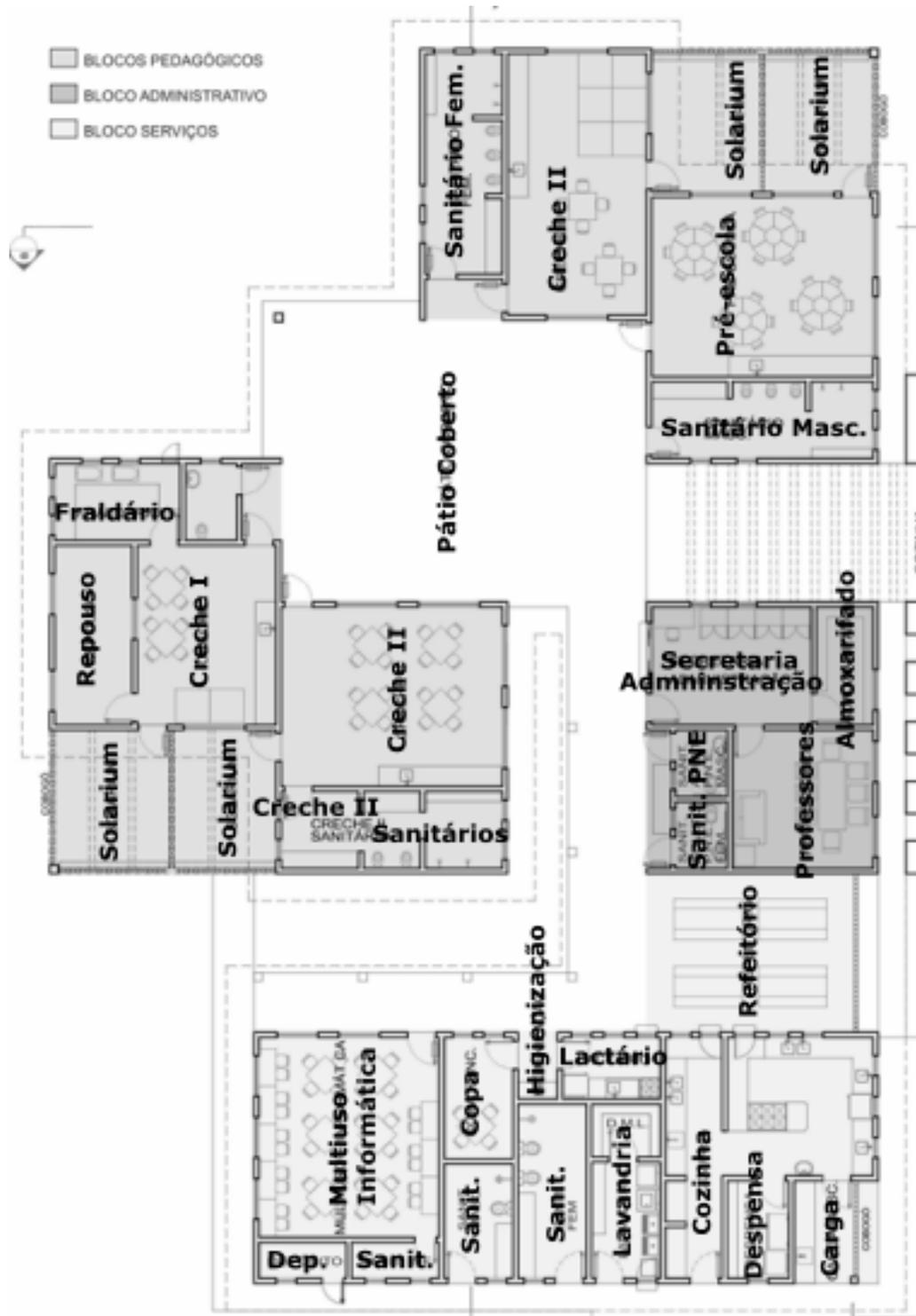
O LEED for Schools, o NBP e o CHPS foram adotados como referências neste estudo devido a estudos realizados nos Estados Unidos que demonstraram que alunos que frequentam escolas sustentáveis e mais eficientes apresentaram maior índice de frequência e desempenho superior aos que frequentaram as demais escolas, bem como outros benefícios, como menor rotatividade de professores.

Essas normativas nacionais e internacionais de referência foram analisadas e os dados aplicáveis a edificações escolares de cada uma delas foram listados, comparando as exigências entre a legislação nacional e internacional e verificando quais itens foram cumpridos e quais não foram contemplados pelo projeto Padrão Tipo-C.

3 Análise do Projeto Padrão Tipo C

O Projeto Padrão Tipo C, desenvolvido para o Programa Proinfância, tem capacidade para atender até 120 crianças em dois turnos ou 60 em turno integral. O projeto está distribuído da seguinte maneira: Creche I para crianças de 0 a 18 meses; Creche II 18 meses a 3 anos, Creche III de 3 a 4 anos e Pré-escola para crianças de 4 anos a 5 anos e 11 meses. A Figura 1 mostra a planta baixa do projeto.

Figura 3. Planta Baixa do projeto Padrão Tipo-C - sem escala - (FNDE, 2012d)



O projeto arquitetônico, memoriais, projetos complementares e orçamento são fornecidos pelo programa. Fica a cargo dos profissionais (engenheiros e arquitetos) dos municípios apenas a implantação e fiscalização da obra.

A escola de Educação Infantil é térrea e possui 4 blocos distintos de acordo com sua função, bloco administrativo, de serviços e dois blocos pedagógicos. Os blocos são interligados por circulações cobertas e a edificação também possui pátio coberto, refeitório e área externa com playground e castelo d'água.

Não foram previstas diferentes soluções de fachada conforme a orientação solar, uma vez que a implantação do edifício será definida pelos municípios, basicamente em função de facilidades de acesso. Essa despreocupação com a distinção das fachadas em relação à orientação solar pode gerar uma diversidade de efeitos negativos em relação ao equilíbrio térmico dos ambientes internos, uma vez que os elementos verticais da edificação são as maiores áreas de contato com o ambiente externo e que neles estão inseridas as esquadrias, que através de sua porção transparente de vidro simples, favorecem as trocas térmicas entre os ambientes internos e externo. As exigências do FNDE são somente em relação ao tamanho mínimo do terreno (45,00x35,00m) e que a escola seja localizada próxima à demanda por vagas.

Apesar do memorial descritivo (FNDE, 2012c) afirmar que o projeto é adaptado às diversidades climáticas de todo território nacional, evitando ao máximo o uso de equipamentos artificiais de controle de temperatura, as soluções apresentadas foram apenas elementos construtivos opcionais de controle de ventilação, alternativa de acabamento e alternativa para redução do pé-direito das salas de aula, para serem adotados conforme a necessidade climática da região.

Da mesma forma, não está prevista a possibilidade de alteração de dimensões das esquadrias, para adequar a necessidade de ventilação do ambiente para diferentes zonas bioclimáticas, apesar das diretrizes da NBR 15.220-3 e do próprio FNDE.

O sistema construtivo adotado é o de estrutura de concreto armado, com vedações verticais em alvenaria de blocos cerâmicos furados, laje pré-moldada do tipo vigota-tabela e telhas de barro modelo colonial.

4 Análise do atendimento aos requerimentos de conforto térmico

4.1 Aberturas

Os requerimentos de ventilação natural e de sombreamento das aberturas das normas e referenciais técnicos adotados estão listados na Tabela 2.

Outra opção de avaliação seria através de software de simulação, para verificar ambiente por ambiente se o fluxo de ar corresponde ao estabelecido pela ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004. Entretanto, esta opção não foi usada neste estudo.

Tabela 2. Requerimentos de dimensões e sombreamento de aberturas para ambientes de permanência prolongada

	NBR 15.220-3	NBR 15.575-4	FNDE
Zona Bioclimática 1 a 3			
Tamanho das Aberturas	Aberturas médias 15% a 25% da área do piso	Aberturas médias A ≥ 7% da área do piso (devem ser passíveis de serem vedadas no inverno)	Aberturas médias A ≥ 7% da área do piso (devem ser passíveis de serem vedadas no inverno)
Sombreamento das Aberturas	permitir sol durante o inverno	Não exige	Não exige
Zona Bioclimática 4 a 6			
Tamanho das Aberturas	Aberturas médias 15% a 25% da área do piso	Aberturas médias A ≥ 7% da área do piso (devem ser passíveis de serem vedadas no inverno)	Aberturas médias A ≥ 7% da área do piso (devem ser passíveis de serem vedadas no inverno)
Sombreamento das Aberturas	sombrear aberturas	Não exige	Não exige
Zona Bioclimática 7			
Tamanho das Aberturas	Aberturas pequenas 10% a 15% da área do piso	Aberturas médias A ≥ 7% da área do piso	Aberturas médias A ≥ 7% da área do piso
Sombreamento das Aberturas	sombrear aberturas	Não exige	Não exige
Zona Bioclimática 8			
Tamanho das Aberturas	Aberturas grandes > 40% da área do piso	Aberturas grandes A ≥ 12 % da área de piso (região norte) A ≥ 8 % da área de piso (região nordeste e sudeste)	Aberturas grandes A ≥ 12 % da área de piso (região norte) A ≥ 8 % da área de piso (região nordeste e sudeste)
Sombreamento das Aberturas	sombrear aberturas	Não contempla	Não contempla
Standard 62.1			
Mínimo de 4% da área do piso			
NBP			
Mínimo de 5% da área do piso, e não menor do que 4,45m² em salas de aula			

Fonte: ABNT NBR 15.220, NBR 15.575, FNDE, ASHRAE 62.1, NBP.

A Tabela 3 mostra os ambientes de permanência prolongada do projeto Padrão Tipo-C, suas respectivas áreas de piso, áreas de aberturas, a relação entre essas áreas e o posicionamento das esquadrias.

Tabela 3. Tamanho das aberturas dos ambientes de permanência prolongada do projeto Padrão Tipo-C

Ambiente	Área do piso	Área das aberturas*	% piso/aberturas	Posição das esquadrias
Creche I	21,26m ²	1,361m ²	6,40%	uma parede
Creche II	33,86m ²	5,44m ²	16,06%	paredes adjacentes
Creche III	30,98m ²	4,08m ²	13,17%	paredes opostas e adjacentes
Pré-escola	33,86m ²	5,44m ²	16,06%	paredes adjacentes
Multiuso	30,71m ²	3,27m ²	10,65%	paredes adjacentes
Professores	16,60m ²	1,31m ²	7,89%	uma parede
Adm/secretaria	16,04m ²	1,50m ²	9,35%	paredes adjacentes
Cozinha	29,45m ²	2,50m ²	8,49%	paredes adjacentes

* área efetiva de ventilação.

A Tabela 4 mostra os resultados de conformidade dos requisitos de área de aberturas, sombreamento de aberturas e ventilação cruzada.

Tabela 4. Verificação da ventilação dos ambientes do Projeto Padrão Tipo-C

Ambiente	Standard 62.1	NPB		NBR 15220											
				Zona 1a 3			Zona 4 a 6			Zona 7			Zona 8		
	T	T	VC	T	S	VC	T	S	VC	T	S	VC	T	S	VC
Creche I	A	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Creche II	A	A	A	A	P	N	A	N	N	A	N	N	N	N	N
Creche III	A	N	A	N	P	A	N	N	A	A	N	A	N	N	A
Pré-escola	A	A	N	A	P	N	A	N	N	N	N	N	N	N	N
Multiuso	A	N	N	N	P	N	N	N	N	A	N	N	N	N	N
Professores	A	A	N	N	P	N	N	A	N	N	A	N	N	A	N
Adm/secretaria	A	A	A	N	P	N	N	A	N	N	A	N	N	A	N
Cozinha	A	A	N	N	P	N	N	A	N	N	A	N	N	A	N

Legenda: T (tamanho das aberturas) – S (sombreamento das aberturas) – VC (ventilação cruzada) – A (atende) – N (não atende) – P (atende parcialmente)

Além do conforto térmico, a impossibilidade de modificar as dimensões das aberturas pode comprometer a qualidade de iluminação natural do ambiente, uma vez que a intensidade de radiação solar é variável para as diferentes zonas bioclimáticas e para cada fachada do edifício. Essa situação também pode ocasionar áreas de ofuscamento, uma vez que não está prevista a possibilidade de utilização elementos de sombra internos.

4.2 Vedações Verticais e Horizontais

4.2.1 Análise de Vedações - NBR 15220

A NBR 15220-1 indica diferentes estratégias construtivas de paredes e coberturas para cada zona bioclimática, as quais foram relacionadas na Tabela 5, abaixo, para melhor visualização e comparação ao projeto padrão.

Tabela 5. Diretrizes construtivas da NBR15220-3 para vedações opacas

Zona bioclimática	Paredes externas	Cobertura
1 e 2	leve	leve isolada
3 e 5	leve refletora	leve isolada
4 e 6	pesada	leve isolada
7	pesada	pesada
8	leve refletora	leve isolada

Fonte: adaptada da ABNT NBR 15.220-3.

Utilizando as tabelas D.3 do Anexo D, da NBR 15220-3, foi possível caracterizar as vedações verticais e horizontais do projeto Padrão Tipo-C. Para as paredes foi utilizado o item parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão e espessura total da parede de 15,0 cm, para cobertura usou-se o item de telha de barro com forro de laje mista de 12cm, mostrado na Tabela 6.

Tabela 6. Caracterização das vedações do Projeto Padrão Tipo-C

	Transmitância térmica $U[W/(m^2.K)]$	Capacidade térmica CT[kJ/(m ² .K)]	Atraso térmico [horas]	Absortância α	Classificação NBR 15220
Parede	2,24	167	3,7	$\alpha = 0,5^1$	Leve
Cobertura	1,92	113	3,6	$\alpha = 0,5^1$	Leve isolada

α é a absortância à radiação solar da superfície externa.

¹ Valor da absortância à radiação solar para cor média, conforme item 11.5.1 da NBR 15575 (ABNT, 2013a).

Fonte: adaptada da ABNT NBR 15.220-3.

Dessa maneira, a Tabela 7 mostra em quais zonas bioclimáticas o Projeto Padrão Tipo-C atende às orientações da NBR 15220.

Tabela 7. Verificação das vedações do Projeto Padrão Tipo-C

Projeto Padrão Tipo-C 1 e 2		Zona Bioclimática					
		3	4 e 6	5	7	8	
Paredes externas	leve	A	N	N	N	N	N
Cobertura	leve isolada	A	A	A	A	N	A

Legenda: A (atende) – N (não atende) – P (atende parcialmente)

Analisando a Tabela 7, o maior número de inconformidades estaria nas paredes externas, que pelas diretrizes da NBR 15220, as recomendações seriam cumpridas apenas para as Zonas 1 e 2. Em relação à cobertura, o sistema especificado não atenderia apenas a zona 7.

4.2.2 Análise de Vedações - NBR 15575

A Tabela 8 mostra os requerimentos de Transmitância Térmica para as paredes e cobertura, de acordo com as diferentes zonas bioclimáticas e níveis de desempenho.

Tabela 8. Diretrizes de desempenho de paredes e cobertura

Nível de Desempenho	Transmitância térmica U [W/(m ² .K)]			Capacidade térmica CT [kJ/(m ² .K)]	
	Zona 1 e 2	Zonas 3 a 6	Zonas 7 e 8	Zonas 1 a 7	Zona 8
Paredes					
Mínimo	U ≤ 2,5	U ≤ 3,7 (α ≤ 0,6) U ≤ 2,5 (α > 0,6)	U ≤ 3,7	≥ 130	sem exigência
Cobertura					
Mínimo (M)	U ≤ 2,3	U ≤ 2,3 (α ≤ 0,6) U ≤ 1,5 (α > 0,6)	U ≤ 2,3 (α ≤ 0,4) U ≤ 1,5 (α > 0,4)	-	-
Intermediário (I)	U ≤ 1,5	U ≤ 1,5 (α ≤ 0,6) U ≤ 1,0 (α > 0,6)	U ≤ 1,5 (α ≤ 0,4) U ≤ 1,0 (α > 0,4)	-	-
Superior (S)	U ≤ 1,0	U ≤ 1,0 (α ≤ 0,6) U ≤ 0,5 (α > 0,6)	U ≤ 1,0 (α ≤ 0,4) U ≤ 0,5 (α > 0,4)	-	-

Fonte: adaptado das ABNT NBR 15.575-3 e NBR 15.575-4.

A tabela 9 mostra os coeficientes de transmitância térmica das paredes e da cobertura do Projeto Padrão Tipo-C e suas respectivas conformidades e níveis de desempenho alcançados de acordo com a NBR 15.575.

Tabela 9. Verificações de desempenho de paredes e cobertura do projeto Padrão tipo-C pela NBR 15575-3 e NBR 15.575-4

Projeto Padrão Tipo C		Zona Bioclimática							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Paredes externas	Transmitância térmica $U[W/(m^2.K)] - 2,24$	M	M	M	M	M	M	M	M
	Capacidade térmica $CT[kJ/(m^2.K)] - 167$	M	M	M	M	M	M	M	s/e
Cobertura	Transmitância térmica $U[W/(m^2.K)] - 1,92$	M	M	M	M	M	M	NA	NA

Legenda: M (desempenho mínimo); I (desempenho intermediário); S (desempenho superior); NA (não atende); s/e (sem exigência)

Se compararmos os dados obtidos do projeto padrão tipo-C com os parâmetros de desempenho da NBR 15575, podemos ver que as vedações verticais atendem o padrão mínimo de desempenho térmico para todas as zonas bioclimáticas, enquanto que o sistema de cobertura não atende ao padrão mínimo para as zonas 7 e 8.

4.2.3 Análise de Vedações - PBE Edifica – RTQ-C

A Tabela 10 mostra os coeficientes mínimos de transmitância térmica e de absorvância solar das paredes externas e das coberturas, de acordo com a zona bioclimática em que estão inseridas, de acordo com as exigências do RTQ-C do PBE Edifica.

Tabela 10. Classificação de paredes e cobertura pelo RTQ-C

	Nível A	Nível B	Nível C e D
Coberturas (transmitância térmica)			
Zona 1 e 2, ambientes condicionados	0,50 W/m ² K	1,00 W/m ² K	2,00 W/m ² K
Zona 1 e 2, ambientes não cond.	1,00 W/m ² K	1,50 W/m ² K	2,00 W/m ² K
Zona 3 a 8, ambientes condicionados	1,00 W/m ² K	1,50 W/m ² K	2,00 W/m ² K
Zona 3 a 8, ambientes não cond.	2,00 W/m ² K	2,00 W/m ² K	2,00 W/m ² K
Coberturas (absortância Zona)			
Zona 1	SR	SR	SR
Zona 2 a 8	$\alpha \leq 0,50$	$\alpha \leq 0,50$	SR
Paredes (transmitância térmica)			
Zona 1 e 2	1,00 W/m ² K	2,00 W/m ² K	2,50 W/m ² K
Zona 3 a 6	3,70 W/m ² K	3,70 W/m ² K	3,70 W/m ² K
Zona 7 e 8 (capacidade térmica máxima 80kJ/m ² K)	2,50 W/m ² K	2,50 W/m ² K	2,50 W/m ² K
Zona 7 e 8 (capacidade térmica superior 80kJ/m ² K)	3,70 W/m ² K	3,70 W/m ² K	3,70 W/m ² K

	Nível A	Nível B	Nível C e D
Paredes (absortância Zona)			
Zona 1	SR	SR	SR
Zona 2 a 8	$\alpha \leq 0,50$	SR	SR

Legenda: SR (sem restrição)

Fonte: adaptado do RTQ-C.

A Tabela 11 mostra os níveis de conformidade alcançados pelas paredes e cobertura do Projeto Padrão Tipo-C para as zonas bioclimáticas brasileiras de acordo com o RTQ-C.

Tabela 11. Verificação do desempenho de paredes e cobertura do Projeto Padrão Tipo-C de acordo com os requerimentos do RTQ-C

Projeto Padrão Tipo C		Zona Bioclimática							
1		2	3	4	5	6	7	8	
Cobertura	Transmitância térmica (ambientes condicionados)	C	C	C	C	C	C	C	C
	Transmitância térmica (ambientes não cond.)	C	C	A	A	A	A	A	A
	Absortância	SR							
Parede	Transmitância térmica	C	C	A	A	A	A	A	A
	Absortância	SR	C	A	A	A	A	A	A

Legenda: A (nível A); B (Nível B); C (Nível C e D)

Verificamos que o Projeto Padrão Tipo-C alcança o Nível A apenas nos itens onde é estipulado o mesmo valor para Nível A,B,C e D, sendo que nos demais atinge apenas o Nível C e D, como demonstrado nas Tabelas 10 e 11.

4.3 Conforto Lumínico

A NBR 5413/1992 e a NBR 15.215/2005 não delimitam tamanho de aberturas, sendo que geralmente as dimensões mínimas são exigidas pelo Código de Obras dos municípios. Para avaliar as dimensões das esquadrias do projeto Padrão Tipo-C, foi analisados os requisitos contidos no documento Diretrizes Técnicas para apresentação de projetos e construção de estabelecimentos de ensino (FNDE, 2012a) e a NBR 15575.

4.3.1 Iluminação Natural - NBR 15575 e FNDE

A Tabela 12 mostra as porcentagens mínimas de tamanho de aberturas em relação às áreas de piso de acordo com os requerimentos da NBR 15.575 e do FNDE.

Tabela 12: Níveis mínimos de iluminação natural
(área do piso/área transparente da esquadria)

	NBR 15575	FNDE	Projeto Padrão Tipo-C
Creche I *	NC	1/8 (12,5%)	8,74% - NA
Sala de repouso*	NC	1/8 (12,5%)	17,27% - A
Fraldário	NC	1/10 (10%)	9,38% - NA
Creche II	NC	1/5 (20%)	22,32% - A
Sanit. Creche II	NE	1/10 (10%)	5,30% - NA
Creche III	NC	1/5 (20%)	18,30% - NA
Pré-escola	NC	1/5 (20%)	22,32% - A
Multiuso/ informática	NC	1/5 (20%)	16,60% - NA
Sanit. Inf. fem.	NE	1/10 (10%)	5,30% - NA
Sanit. Inf. masc.	NE	1/10 (10%)	5,30% - NA
Diretoria/secretaria	NC	1/5 (20%)	11,47% - NA
Sala de professores	NC	1/5 (20%)	12,29% - NA
Almoxarifado	NC	1/10 (10%)	17,92% - A
Sanitários PcD	NE	1/10 (10%)	6,50% - NA
Cozinha	≥60lux	1/5 (20%)	6,28% - NA
Vest. Fem	NE	1/10 (10%)	1,86% - NA
Vest. Masc.	NE	1/10 (10%)	2,33% - NA

Legenda: NE - não exigido; NC - não consta; A - Atende; NA - Não Atende
Não foi considerada a esquadria entre ambientes

Fonte: adaptado da ABNT NBR 15.575 e FNDE.

O Projeto Padrão Tipo-C atende a porcentagem mínima de área de iluminação natural em apenas quatro ambientes dos 17 analisados.

4.3.2 Iluminação Natural - National Best Practices

O National Best Practices Manual for Building High Performance Schools não foi listado na Tabela 12, pois utiliza outra forma para calcular a área de iluminação natural nos ambientes, o qual se baseia na área de parede e não do piso do ambiente. Ele limita a utilização de janelas laterais em 40% da área de parede e ainda sugere o uso de sombreamento fixo ou móvel, além de 5% da área de cobertura para iluminação zenital.

A Tabela 13 mostra os requerimentos de porcentagem de abertura de acordo com o National Best Practices Manual for Building High Performance Schools.

Tabela 13. Níveis de iluminação natural
(área de parede/área transparente da esquadria)

Ambiente	*Área de parede (m ²)	**Área Transparente (m ²)	% de área transparente	Sombreamento
Creche I	12,19	1,89	15,50	não
Sala de repouso	23,42	2,04	8,71	não
Fraldário	13,73	0,77	5,61	não
Creche II	53,73	7,56	14,07	não
Sanit. Creche II	27,09	0,77	2,84	não
Creche III	37,93	5,67	14,95	não
Pré-escola	36,12	7,56	20,93	não
Multiuso/ informática	34,40	5,10	14,82	não
Sanit. Inf. fem.	27,51	0,77	2,80	não
Sanit. Inf. masc.	7,22	0,77	10,66	não
Sanit. PNE inf.	4,97	0,19	3,83	não
Diretoria/secretaria	25,74	1,84	7,15	sim
Sala de professores	12,79	2,04	15,95	sim
Almoxarifado	10,84	1,02	9,41	sim
Sanitários PNE	6,32	0,19	3,01	não
Cozinha	39,13	1,85	4,73	não
Vest. Fem	6,47	0,19	2,94	não
Vest. Masc.	6,47	0,19	2,94	não

*soma de todas as paredes externas
**soma da área transparente das janelas

Fonte: adaptado de NBP.

Como a limitação de áreas transparentes é de 40% em relação às áreas opacas das paredes, todas as zonas cumpriram com esse requisito. Entretanto, a maioria das zonas não cumpre o requerimento de sombreamento. Além disso, o Projeto Padrão Tipo-C não especifica iluminação zenital.

5 Considerações e conclusões

Este trabalho, através da análise de normas brasileiras e internacionais, além de outros guias e documentos, avaliou o projeto Padrão Tipo-C de educação infantil do FNDE, a fim de verificar em quais zonas bioclimáticas sua implantação atenderia a esses requerimentos e recomendações.

Sabemos que a arquitetura tem relação direta com o desempenho de seus usuários no desenvolvimento de suas atividades, pois oferecer um espaço adequado com bons índices de iluminação, ventilação e conforto térmico é essencial e de extrema importância quando se trata de ambientes de aprendizagem.

Para que uma edificação possua bons índices de desempenho é necessário o uso de estratégias adequadas desde a fase inicial de projeto, que devem ser adotadas em função do clima, posição solar, uso, entre outros. Diante de tantas variáveis, um projeto padrão replicado em diferentes zonas bioclimáticas dificilmente terá uma eficiência constantemente adequada.

A especificação equivocada de elementos de vedação, pode gerar ganho/perda excessiva de calor dos ambientes, sendo necessário o uso de equipamentos de climatização para manter o conforto adequado dos usuários. A não utilização de dispositivos de sombreamento nas esquadrias, além de poder causar um grande aumento da temperatura interna, pode ainda gerar problemas de ofuscamento.

Em relação às esquadrias, os resultados também não são satisfatórios, uma vez que estas não possuem dimensões mínimas para a ventilação dos recintos, imprescindível para a higienização dos ambientes da edificação, além de poder auxiliar na melhoria do conforto térmico. Também não foi satisfatório o dimensionamento das esquadrias para os índices mínimos de iluminação natural.

Quanto ao projeto de iluminação artificial, foi constatado que não houve nenhum tipo de integração em relação a iluminação natural. Para otimizar o uso da luz natural, seria necessário apenas que os circuitos fossem alterados de maneira a permitir o acendimento independente das luminárias próximas às aberturas, reduzindo os gastos com energia.

Através dos resultados encontrados, entende-se que seria necessária a revisão do projeto Padrão Tipo-C, para que ele possa oferecer o conforto ambiental adequado aos usuários em todas as zonas bioclimáticas, seja através de uma maior flexibilidade em relação aos materiais da envoltória da edificação, esquadrias e da utilização de elementos de sombreamento, ou da adoção de um projeto padrão específico para cada região bioclimática.

Sugere-se também que, pela quantidade de creches já concluídas - mais de 2.533 segundo os dados do FNDE – estudos e medições in locu, nas 8 zonas bioclimáticas trariam informações concretas sobre o desempenho nesses edifícios e ajudariam no desenvolvimento de estratégias para a qualificação do projeto.

A continuidade de implantação do projeto Padrão Tipo-C, sem possibilidade de adaptações para cada zona bioclimática, além de não oferecer um ambiente com boas condições de aprendizagem, poderá onerar os cofres públicos, caso decida-se pelo condicionamento mecânico dos ambientes para alcançar níveis mínimos de conforto aos usuários.

Referências

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5413**: Norma brasileira para iluminância de interiores. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- _____. **NBR 15215-1-Iluminação Natural – Parte 1**: Conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro: ABNT,2005a.
- _____. **NBR 15215-2-Iluminação Natural – Parte 2**: Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural. Rio de Janeiro: ABNT,2005b.
- _____. **NBR-15215-3: Iluminação natural – parte 3**: procedimentos de cálculo para a determinação para a iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005c.
- _____. **NBR-15220-1**: Desempenho térmico de edificações – parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT, 2005d.
- _____. **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: ABNT, 2005e.
- _____. **NBR-15220-3**: Desempenho térmico de edificações – parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005f.
- _____. **NBR-15575-1**: Edificações habitacionais – desempenho – parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013a.
- _____. **NBR-15575-4**: Edificações habitacionais – desempenho – parte 4: sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro: ABNT, 2013b.
- _____. **NBR-15575-5**: Edificações habitacionais – desempenho – parte 5: requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013c.
- ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. **ANSI/ASHRAE 62.1**: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta, 2004a.
- ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. **ANSI/ASHRAE 55**: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2004b.
- _____. **Subsídios para credenciamento e funcionamento de instituições de educação infantil**. Brasília: MEC/SEF/ DPEF/COEDI, 1998. 2. v.
- CHPS - Collaborative for High Performance Schools. **Best Practices Manual**: Volume II - Design. Sacramento, Califórnia, 2006.
- FNDE - FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. **Diretrizes técnicas para apresentação de projetos e construção de estabelecimentos de ensino público**: caderno de requisitos e critérios de desempenho para estabelecimentos de ensino público. Brasília, DF, 2012a. v. 1.
- _____. **Memorial descritivo**: projeto Proinfância tipo C. Brasília, DF, [2012]c. Disponível em: < <http://www.fnde.gov.br/programas/proinfancia/proinfancia-projetos-arquiteticos-para-construcao/proinfancia-tipoc11> >. Acesso em: 17 out. 2015.

_____. **Projeto arquitetônico:** projeto Proinfância tipo C. Brasília, DF, [2012]d. Disponível em: < <http://www.fnde.gov.br/programas/proinfancia/proinfancia-projetos-arquiteticos-para-construcao/proinfancia-tipoc> >. Acesso em: 17 out. 2015.

_____. **Proinfância:** apresentação. Brasília, DF, [2015]a. Disponível em: < <http://www.fnde.gov.br/programas/proinfancia/proinfancia-apresentacao> >. Acesso em: 07 jan. 2016.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. **Arquitetura Escolar:** o projeto do ambiente de ensino. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

PAES, R. F. S.; BASTOS, L. E. G. Qualidade ambiental na edificação: o caso das escolas públicas da cidade do Rio de Janeiro. **Conforto & Projeto: Edifícios**, Brasília, v. 12, p. 131-140, 2013. Disponível em: < <http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/12302/8588> >. Acesso em: 10 jan. 2016.

PROCEL EDIFICA. **Requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos (RTQ)**. Rio de Janeiro, RJ, 2010. Disponível em: < http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf >. Acesso em: 07 jan. 2016.

U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. **National best practices:** manual for building high performance schools. U.S. Department of Energy, 2007.

USGBC - U.S. **Green Building Council**. LEED for schools for new construction and major renovations, USGBC, 2007.