

## A ARQUITETURA SUSTENTÁVEL NAS EDIFICAÇÕES ESTUDANTIS: UMA ANÁLISE SOBRE O ESTUDO SOLAR

*Sustainable Architecture in Student Buildings: An Analysis of the Solar Study*  
*Arquitectura Sostenible en Edificios Estudiantiles: Un Análisis del Estudio Solar*

LINO, J. P. F.<sup>1</sup>; LONGO, L. F. M.<sup>2</sup>; SALERNO JÚNIOR, E.<sup>3</sup>;  
FORTES, N. H. M.<sup>4</sup>; INNOCENTINI, M. D. M.<sup>5</sup>

### Resumo

O conforto térmico em ambientes escolares é um desafio crescente pela falta de adaptações em projetos escolares e a orientação das janelas, especialmente em regiões de clima quente, onde a incidência solar pode causar desconforto e até problemas de saúde. Diante disso, o artigo analisa a influência da vegetação no conforto térmico das salas de aula da escola EMEF Dercy Celia Seixas Ferrari, em Ribeirão Preto. A análise foi realizada através de levantamentos dimensionais da edificação existente e elaboração de uma maquete 3D para avaliar a incidência solar direta em diferentes horários, com e sem vegetações. As simulações realizadas em software mostram a diferença entre um ambiente com proteções térmicas eficientes, como uma arborização densa, e um ambiente sem proteções térmicas eficientes de origem natural. O estudo reforça a necessidade de integrar estratégias bioclimáticas como o plantio de árvores, e dessa forma as simulações mostram que um jardim denso e composto por árvores de médio porte pode proteger as salas da insolação solar. Portanto foi possível observar a projeção das sombras na edificação e simular soluções que contribuam com o conforto ambiental, assim tornando evidente as diferentes situações com ou sem arborização.

**Palavras-chave:** Conforto térmico; Orientação solar; Estratégias bioclimáticas; Paisagismo, Arquitetura sustentável.

<sup>1</sup> LINO, J. P. F. - Joao Gabriel Ferreira Lino, joao.lino@sou.unaerp.edu.br

<sup>2</sup> LONGO, L. F. M. - Letícia França Mattaraia Longo: Prof. Dr. da Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8584-0745>, llongo@unaerp.br

<sup>3</sup> SALERNO JÚNIOR, E. - Edson Salerno Junior: Prof. Dr. da Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1301-8037>, esalerno@unaerp.br

<sup>4</sup> FORTES, N. H. M. - Nilo Henrique Meira Fortes: Doutor em Engenharia Química pela Universidade de São Paulo - USP, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1763-8329>, nilo.fortes@sou.unaerp.edu.br

<sup>5</sup> INNOCENTINI, M. D. M. - Murilo Daniel de Mello Innocentini: Prof. Dr. da Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5396-7798>, minnocentini@unaerp.br

Data da Submissão:  
06 de outubro de 2025  
Data da Aprovação:  
24 de outubro de 2025  
Data da Publicação:  
29 de junho de 2026



### COMO CITAR:

LINO, J. P. F. et al. A ARQUITETURA SUSTENTÁVEL NAS EDIFICAÇÕES ESTUDANTIS: UMA ANÁLISE SOBRE O ESTUDO SOLAR. Engenharia Urbana Em Debate, 7(1). <https://doi.org/10.14244/engurbdebate.v7i1.171>

## Abstract

Thermal comfort in school environments is a growing challenge due to the lack of adaptations in school designs and window orientation, especially in hot climates, where sunlight can cause discomfort and even health problems. Therefore, this article analyzes the influence of vegetation on the thermal comfort of classrooms at the EMEF Dercy Celia Seixas Ferrari school in Ribeirão Preto. The analysis was conducted through dimensional surveys of the existing building and the creation of a 3D model to assess direct sunlight at different times of the day, with and without vegetation. Software simulations demonstrate the difference between an environment with effective thermal protection, such as dense trees, and one without effective natural thermal protection. The study reinforces the need to integrate bioclimatic strategies such as tree planting, and the simulations show that a dense garden with medium-sized trees can protect classrooms from solar radiation. Therefore, it was possible to observe the projection of shadows on the building and simulate solutions that contribute to environmental comfort, thus making the different situations with or without trees evident.

**Keywords:** Thermal comfort; Solar orientation; Bioclimatic strategies; Landscaping; Sustainable architecture.

## Resumen

El confort térmico en entornos escolares es un desafío creciente debido a la falta de adaptaciones en el diseño de los centros y la orientación de las ventanas, especialmente en climas cálidos, donde la luz solar puede causar incomodidad e incluso problemas de salud. Por lo tanto, este artículo analiza la influencia de la vegetación en el confort térmico de las aulas de la escuela EMEF Dercy Celia Seixas Ferrari en Ribeirão Preto. El análisis se realizó mediante levantamientos dimensionales del edificio existente y la creación de un modelo 3D para evaluar la luz solar directa en diferentes momentos del día, con y sin vegetación. Las simulaciones de software demuestran la diferencia entre un entorno con protección térmica efectiva, como una densa vegetación arbórea, y uno sin protección térmica natural efectiva. El estudio refuerza la necesidad de integrar estrategias bioclimáticas como la plantación de árboles, y las simulaciones muestran que un jardín denso con árboles de tamaño mediano puede proteger las aulas de la radiación solar. Por lo tanto, fue posible observar la proyección de sombras sobre el edificio y simular soluciones que contribuyen al confort ambiental, evidenciando así las diferentes situaciones con o sin árboles.

**Palabras-clave:** Confort térmico; Orientación solar; Estrategias bioclimáticas; Paisajismo; Arquitectura sostenible.

## 1. Introdução

Os espaços educacionais desempenham um papel fundamental no desenvolvimento intelectual e social dos indivíduos, sendo ambientes onde estudantes e professores passam grande parte de seus dias. De acordo com Labaki e Bueno-Bartholomei (2001) a falta de planejamento dos ambientes pode levar a situações de desconforto, causadas por temperaturas extremas, falta de ventilação adequada, umidade excessiva combinada com temperaturas elevadas, radiação térmica devido a superfícies muito aquecidas, causando sonolência, alteração nos batimentos cardíacos e aumento da sudorese.

O processo de ensino-aprendizagem é influenciado por diversos fatores que vão além dos métodos pedagógicos e do conteúdo curricular. Entre esses elementos, as condições ambientais do espaço escolar desempenham um papel crucial, podendo potencializar ou prejudicar a assimilação de conhecimento e o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Segundo Paixão (1997) é fundamental o conforto no ambiente para o adequado processo

de ensino e aprendizado.

Para Dalvite et al. (2007) a orientação solar inadequada do edifício causa desconforto térmico nas salas de aulas, causando excesso de calor no verão, além disso, quando há cortinas, pode comprometer a ventilação natural dos ambientes. Portanto é necessário considerar as condicionantes do ambiente externo para evitar desconforto e não as atividades realizadas nos ambientes internos.

De acordo com a pesquisa de Dalvite et al. (2007) é comum que os projetos escolares não considerem as particularidades das regiões em que serão inseridos, como o terreno e entorno, isso pode comprometer o conforto ambiental. Segundo Ashrae (1997 apud Lamberts et al., 1997) o conforto térmico é definido como “um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa”. Assim, entende-se que a sensação térmica é relativa de um indivíduo para outro e depende também do metabolismo de cada um, porém há uma média

de temperatura em que as pessoas se sentem confortáveis. Todos estes fatores aliados conferem a algumas edificações escolares públicas um espaço que não satisfaz as necessidades básicas de conforto. Certamente, estas condições interferem negativamente na motivação e concentração dos seus usuários. Desta forma, faz-se necessário uma arquitetura escolar que tenha como preocupação o atendimento às necessidades de conforto térmico, principalmente, proporcionando um ambiente agradável e que favoreça um aprendizado adequado (Nogueira; Nogueira, 2003).

A busca por ambientes escolares que promovam o bem-estar e potencializem o aprendizado é um desafio central para a arquitetura educacional contemporânea. Conforme apontado por Dalvite et al. (2007), muitos dos problemas de desconforto térmico em escolas são consequência direta de um projeto que não considera adequadamente as particularidades climáticas locais, especialmente a incidência solar. Partindo dessa premissa, o presente estudo visa investigar e propor soluções sustentáveis para essa questão.

### 1.1. Objetivo

O estudo tem como objetivo analisar a incidência solar na Escola Dercy Celia Seixas Ferrari, localizada em Ribeirão Preto - SP, com simulação de vegetação para verificar qual seria a propagação da sombra em diferentes dias e horários. As ferramentas de simulação operam de forma isolada, sem automatização na transferência de dados entre os projetos de diversas especialidades. Portanto, toda a informação é, geralmente, introduzida manualmente, tornando o processo longo e sujeito a erros de interpretação, originando modelos de simulação efetuados sobre configurações espaciais erradas (Santos; Couto, 2015). A partir disso, o BIM (Building Information Model) pode ser fundamental para melhorar a consistência das informações de construção relacionadas à análise de energia do edifício (Dimitriou et al., 2016).

A tecnologia BIM ou Modelagem da Informação da Construção pode ser definida como uma representação digital das características físicas

e funcionais de uma edificação, auxiliando como recurso de conhecimento compartilhado e formando uma base confiável para decisões durante seu ciclo de vida. A premissa básica do BIM é a colaboração entre as diversas partes envolvidas em diferentes fases do ciclo de vida de uma instalação (NIBS, 2007). Além disso, as escolas são equipamentos urbanos fundamentais para o desenvolvimento da cidade e estão diretamente ligados à infraestrutura urbana.

## 2. Caracterização Geral da Escola

O estudo analisou a trajetória solar e as condições de insolação nas salas de aula da EMEF "Prof.<sup>a</sup> Dercy Celia Seixas Ferrari", localizada no bairro Jardim Juliana, na zona leste de Ribeirão Preto. E segundo a Secretaria Municipal de Ribeirão Preto (2018) a escola atende uma comunidade marcada por desafios socioeconômicos, com muitos alunos vindos de famílias de baixa renda não apenas do bairro, mas também de áreas vizinhas como Palmeiras, Parque dos Servidores e Parque São Sebastião. Desde 2017, passou a receber também crianças de uma comunidade próxima formada por famílias do Movimento Sem Teto. A região vem passando por significativas transformações urbanas, com a construção de novos conjuntos habitacionais que têm aumentado a demanda por vagas na escola. Apesar das dificuldades locais, incluindo a escassez de opções de lazer e cultura, a instituição se consolida como um importante espaço de convivência e desenvolvimento para a comunidade. Com um terreno de 6.277,17 m<sup>2</sup> - dos quais cerca de 6.000 m<sup>2</sup> são áreas construídas e o restante composto por áreas verdes.

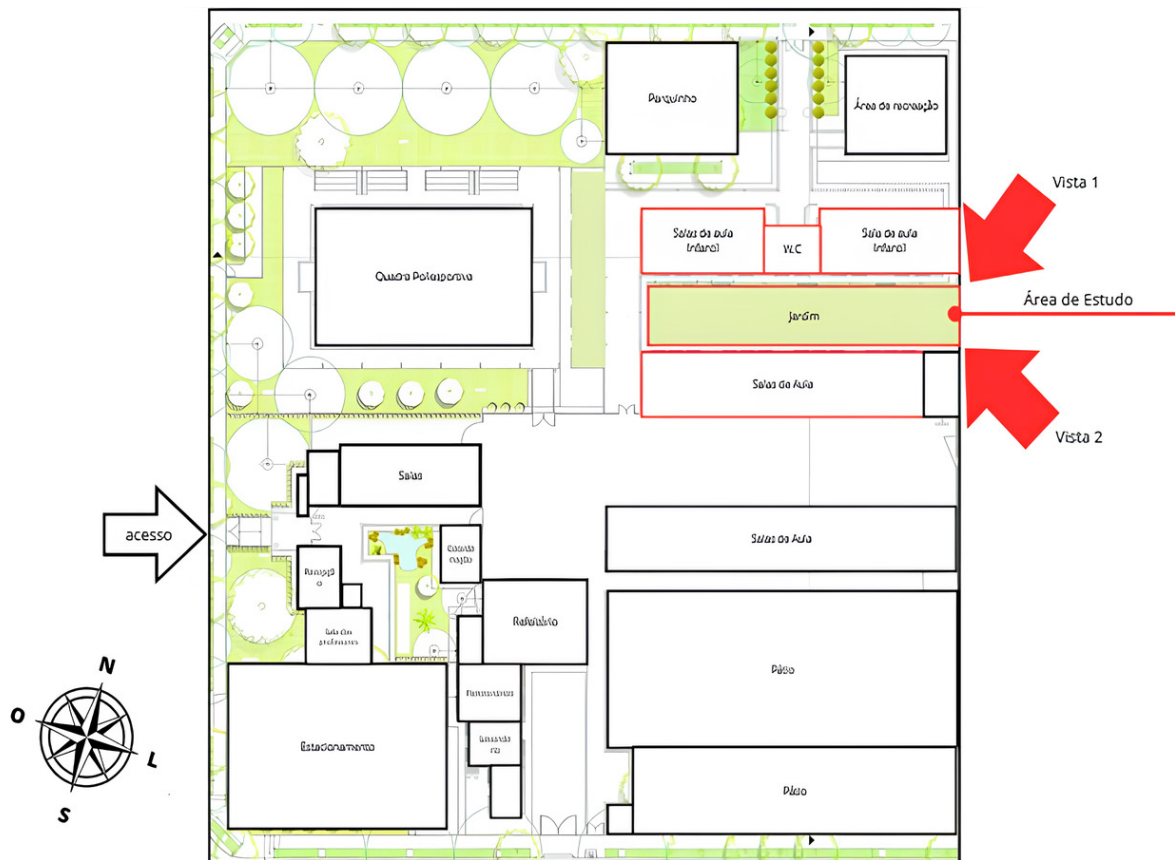
A Secretaria Municipal de Ribeirão Preto (2025) traz a informação que a EMEF. "Prof.<sup>a</sup> Dercy Celia Seixas Ferrari" possui uma área de 6.277,17 m<sup>2</sup>, sendo que a área construída é de aproximadamente 6.000 m<sup>2</sup>. A diferença entre área total e construída é ocupada por área verde. Porém, há um terreno com área de aproximadamente 3.000 m<sup>2</sup> (cadastro n<sup>o</sup> 502.367) antes pertencente ao Centro de Referência do Idoso que atualmente está sendo anexado à área da escola sob processo n<sup>o</sup> 2019.037400.0, espaço este, que requererá bastante atenção, visto a demanda de obras para

que seja utilizado pelos alunos. Posteriormente, esta área deverá ser um campo ou quadra, uma pista de atletismo e outra pequena área a ter sua utilização decidida pelo Conselho de Escola. A análise solar buscou entender como a luz natural percorre e ilumina os espaços escolares. Esse estudo é fundamental para otimizar o uso dos ambientes educativos, considerando tanto as características arquitetônicas do prédio quanto

às necessidades específicas dessa comunidade escolar.

A Figura 1 representa a implantação de forma simplificada da escola com marcação da área a ser analisada e aponta os ângulos das imagens seguintes que simulam os volumes das edificações com e sem a vegetação para análise da incidência das sombras das árvores.

Figura 1 – Implantação esquemática da escola com o zoneamento dos principais usos



Fonte: Autores (2025).

Tomando em consideração a área de estudo analisamos por meio de nossa visita técnica o interior de duas salas que estão presentes nessa área, sendo uma sala de história para o ensino fundamental (a) e uma sala de aula de educação infantil (b) (Figuras 2 e 3), é possível observar que

as cortinas cobrem as janelas na sala de história e por isso a iluminação que chega das janelas são totalmente bloqueadas, o que pode solucionar a alta insolação solar porém dificulta a ventilação na sala e para solucionar o problema de ventilação foram colocados 3 ares-condicionados o que

aumenta os custos energéticos para a escola além de não ser sustentável. Foi observado que as salas de aula infantis também sofrem desse problema, tendo cortinas que cobrem suas janelas e ares-

condicionados para tratar o problema do conforto térmico já que as janelas fechadas mantêm o ar gelado na sala.

Figura 2 – Sala de aula do ensino fundamental  
(a)



Fonte: Autores (2025).

Figura 3 – 3 Sala de aula do ensino infantil (b)



Fonte: Autores (2025).

Para reduzir a insolação direta sem comprometer a ventilação natural, sugere-se a implantação de um jardim denso, onde se encontra atualmente o jardim sensorial (Figura 4), com espécies de médio e alto porte ao longo das fachadas das salas. Essa escolha de vegetação atuaria como uma barreira vegetal, filtrando a radiação solar e diminuindo o ganho de calor interno, enquanto permitiria a circulação de ar. Espécies como Pau-ferro (*Libidibia ferrea*), Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) e Ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*) são sugestões a serem utilizadas, combinadas com trepadeiras em estruturas de pergolado. Essa solução reduziria a dependência de climatizadores artificiais e ainda melhoraria o microclima do entorno.

Já a Quadra Poliesportiva, além de sua cobertura, não possui nenhum tipo de proteção em suas laterais (Figuras 6 e 7) como barreiras naturais contra os ventos. Essa ausência de barreiras

naturais ou estruturais permite uma ventilação mais fresca durante o verão, o que pode ser benéfico em dias de calor intenso. No entanto, no inverno, o mesmo espaço fica exposto a ventos frios, gerando desconforto térmico aos alunos e potencialmente interferindo em suas atividades físicas e bem-estar. Para resolver essas questões de forma sustentável e eficiente, sugere-se a implantação de uma barreira vegetal densa com espécies selecionadas estrategicamente. A Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) seria ideal por sua característica semidecídua, oferecendo sombra no verão enquanto permite a passagem moderada de luz e ventilação no inverno. Outra opção complementar seria o Pau-ferro (*Libidibia ferrea*), Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) e Ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*), cuja suas folhagens densas ajudam a filtrar ventos frios sem bloquear completamente a circulação de ar.

Figura 4 – Jardim Sensorial Atualmente



Fonte: Autores (2025).

Figura 5 – Lateral da Quadra sem barreira natural



Fonte: Autores (2025).

Figura 6 – Quadra Poliesportiva atualmente



Fonte: Autores (2025).

### 3. Metodologia

Inicialmente foi desenvolvida a revisão bibliográfica com enfoque na análise do conforto ambiental em escolas, e sua relação com a infraestrutura urbana e impacto do aprendizado em ambientes com adequada iluminação, ventilação e temperatura. O conforto térmico em ambientes escolares é determinante para o desempenho cognitivo, conforme demonstrado por Labaki e Bueno-Bartholomei (2001) e em Dalvite et al. (2007), que relacionam temperaturas extremas à redução da concentração em salas de aula.

Posteriormente foi realizado um estudo de caso na escola para analisar a projeção das sombras na edificação, considerou-se critérios como a orientação solar nas aberturas, a eficiência das proteções contra a insolação, além de outros fatores construtivos e ambientais que impactam diretamente na sensação de desconforto térmico dos usuários. Esses elementos foram avaliados tanto para as condições de inverno, quando a perda de calor se torna um problema, quanto para o verão, em que o excesso de calor e a falta

de ventilação adequada podem comprometer o bem-estar e o desempenho das atividades escolares.

O estudo de caso é importante para análise prática dos temas abordados na revisão bibliográfica, segundo Ventura (2007) As vantagens dos estudos de caso: estimulam novas descobertas, em função da flexibilidade do seu planejamento; enfatizam a multiplicidade de dimensões de um problema, focalizando-o como um todo e apresentam simplicidade nos procedimentos, além de permitir uma análise em profundidade dos processos e das relações entre eles.

Além disso, os estudos de caso são verificados nas pesquisas exploratórias, por sua flexibilidade, é recomendável nas fases iniciais de uma investigação sobre temas complexos, para a construção de hipóteses ou reformulação do problema. Os estudos de casos também contribuem na exploração de novos processos ou comportamentos, novas descobertas, porque têm a importante função de gerar hipóteses e construir teorias. Além disso, exploram casos atípicos ou

extremos para melhor compreender os processos típicos (Ventura, 2007).

Após a revisão bibliográfica foi escolhido um objeto de pesquisa que é a Escola Dercy Celia Seixas Ferrari, para o estudo de caso, por ser uma escola modelo que atende alunos de anos iniciais e finais do ensino fundamental, além de um programa de Educação de Jovens e Adultos (EJA) sendo que a escola apresenta em uma boa localização e ter rápida locomoção para esses bairros, já bairros mais distantes necessitam de um meio de locomoção como ônibus já que a escola possui um ponto de ônibus em seu lote além de outros ponto no entorno da escola. A escola não possui escadas, mas possui rampas de acessos para os estudantes, professores e estudantes, assim viabilizando a acessibilidade e mobilidade por toda a escola.

O ambiente escolar possui aparelhos de medição de qualidade do ar, isso apenas na sala de aula de história do ensino fundamental e no pátio central, mas planejam colocar em outros ambientes ao longo da escola, a instalação desses equipamentos podem mostrar quais ambientes precisam de tratamento e quais ambientes possuem qualidade do ar e a instalação desses aparelhos determinam quais ambientes estão com níveis baixos em qualidade do ar, por isso devemos trazer sempre a solução e tratamento mais sustentável e ecológico que estiver possível, portanto há pesquisas em andamento no local o que contribui com a coleta de dados.

#### **4. Análises da Edificação Através do Modelo Virtual**

Foram levantadas as dimensões de suas salas, de seus corredores, áreas verdes, quadra e seu pátio, além de que foi realizado também uma maquete 3D de como está a escola atualmente para analisar melhor quais áreas estão recebendo insolação diretas pela manhã e tarde no que resulta em um aumento de calor e ofuscamento. Foram levantados dados sobre o projeto arquitetônico e paisagístico do local através de análises de documentos, posteriormente foi realizada visita ao local para verificar as medidas e

demais informações necessárias como altura dos ambientes, uso e funcionalidade. Posteriormente foi inserido no modelo árvores de porte médio para verificar a projeção de suas sombras nas paredes externas das salas de aula.

Com estas informações foi desenvolvido um modelo virtual no software Revit, pois é um software que possui tecnologia BIM (building information model) e possibilita simulações relacionadas à incidência solar de maneira precisa. As ferramentas BIM permitem explorar alternativas de economia de energia desde o início do projeto, evitando o retrabalho de modelar toda a geometria do edifício e outras informações necessárias para completar a análise energética (Jalaei; Jade, 2014). A partir disso, o BIM surge como alternativa permitindo a associação de atributos geométricos com entradas de desempenho (térmica, acústica e lumínica) e planejamento de dados bem como programação da manutenção dos edifícios, podendo ser considerado a antecipação da realidade, através do desenvolvimento de modelos que representam a informação da construção (Silva; Salgado, 2017).

Segundo as pesquisas de Azevedo e Tavares (2020) as ferramentas BIM permitem criar e trabalhar com objetos que representarão o edifício, que não carregam apenas informações da geometria, mas dados com características próprias e que correspondem aos componentes que serão utilizados na construção.

Para a análise solar foram escolhidas as datas 21 de Julho, período de solstício de inverno, e 21 de Dezembro, período de solstício de verão, no horários de 09h00min e às 16h00min, assim mostrando o caminho solar nos horários de aula e tendo como a área observada as faces das salas de aula, as salas estão posicionadas com suas janelas em direção ao jardim sensorial da escola porém, o jardim no entanto não apresenta nenhum tipo de vegetação que forme uma cobertura para as faces das salas então foram se feitas simulações para mostrar como a vegetação densa pode trazer proteção contra a insolação para as salas de aula sendo uma solução sustentável.

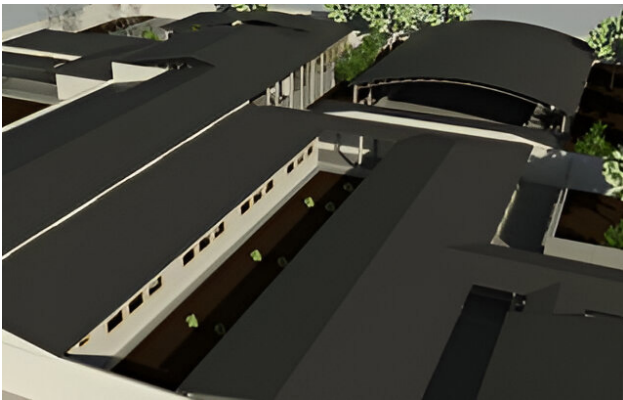
Dentre as diversas pesquisas e análise da relação aluno e conforto térmico, esta discussão visa destacar a importância de ambientes educacionais bem planejados, capazes de oferecer espaços saudáveis e propícios ao aprendizado, reforçando a premissa de que a arquitetura escolar deve ser concebida como um elemento ativo no processo educacional assim tornando essencial repensar os critérios de projeto das edificações escolares, integrando estratégias bioclimáticas e soluções arquitetônicas que garantam condições ideais de conforto.

A análise da maquete virtual revela que a incidência do sol nas paredes voltadas para o jardim sensorial

não oferece proteção eficiente contra a insolação nas fachadas das salas de aula. Esse problema se agrava devido à orientação norte das fachadas, que as expõe diretamente à radiação solar intensa no período da tarde – justamente quando a incidência de calor é mais crítica.

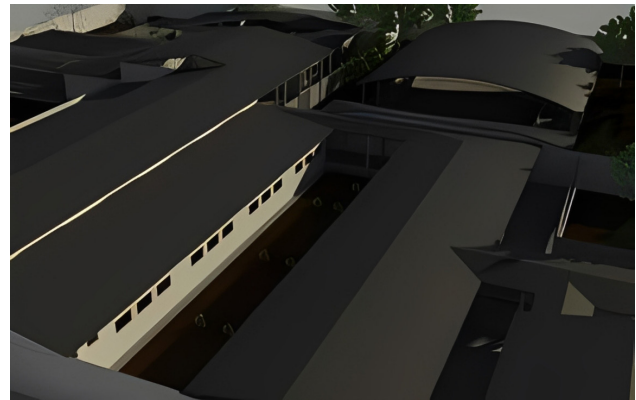
As figuras 7 e 8 representam o primeiro ângulo (chamado de vista 1) sem a vegetação, no mesmo dia (21/06), porém em horários diferentes, às 9h e 16h. As figuras 9 e 10 representam a vista 1 porém em verão, dia 21/12, nos mesmos horários que a anterior, às 9h e 16h. Nestas imagens, de 7 a 10 é possível observar grande iluminação nas paredes externas.

**Figura 7 – Vista 1 - Sem Vegetação - 21-06-25  
- 9hr**



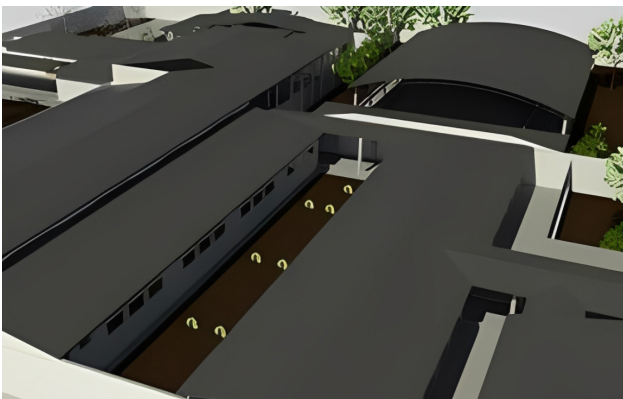
Fonte: Autores (2025).

**Figura 8 – Vista 1 - Sem Vegetação - 21-06-25  
- 16 hr**



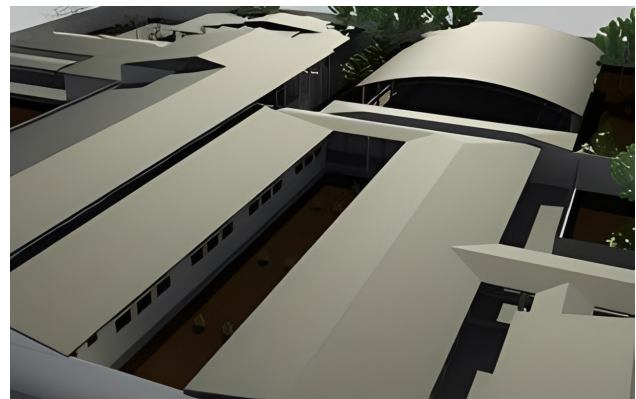
Fonte: Autores (2025).

**Figura 9 – Vista 1 - Sem Vegetação - 21-06-25  
- 9hr**



Fonte: Autores (2025).

**Figura 10 – Vista 1 - Sem Vegetação 21-12-25  
- 16 hr**

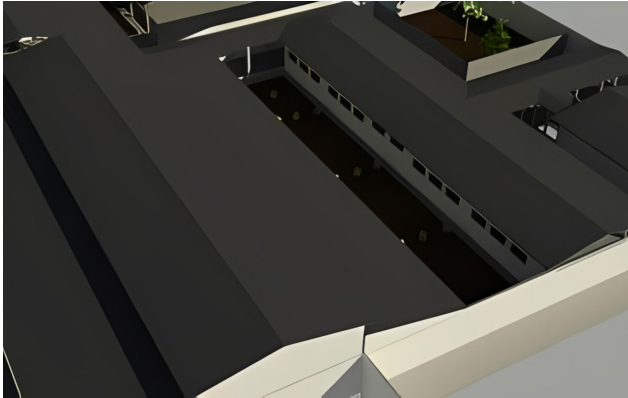


Fonte: Autores (2025).

As figuras 11 e 12 apresentam o segundo ângulo, chamado de vista dois, no inverno, às 9h e às 16h. Enquanto que as figuras 13 e 14, apresentam a

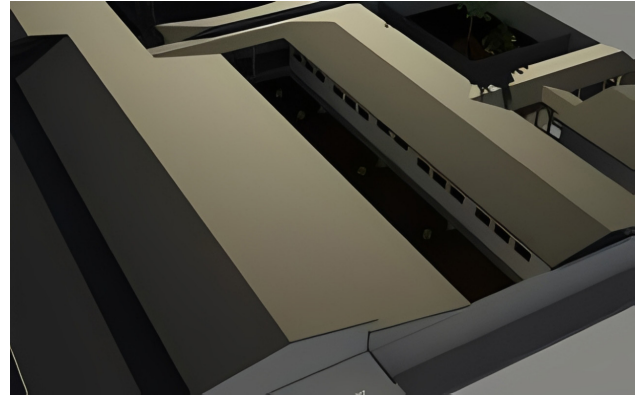
simulação no verão, porém nos mesmos horários às 9h e às 16h.

**Figura 11 – Vista 2 - Sem Vegetação - 21-06-25 - 9hr**



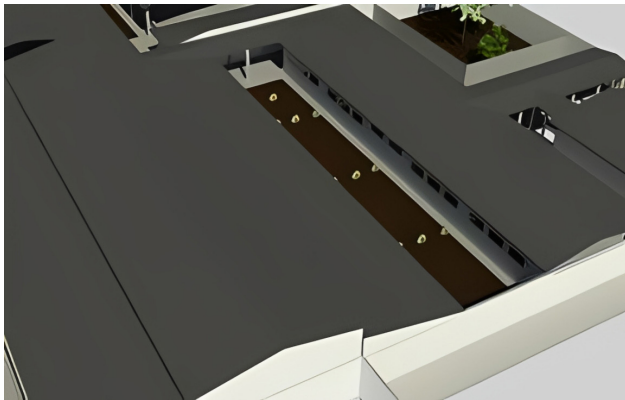
Fonte: Autores (2025).

**Figura 12 – Vista 2 - Sem Vegetação - 21-06-25 - 16 hr**



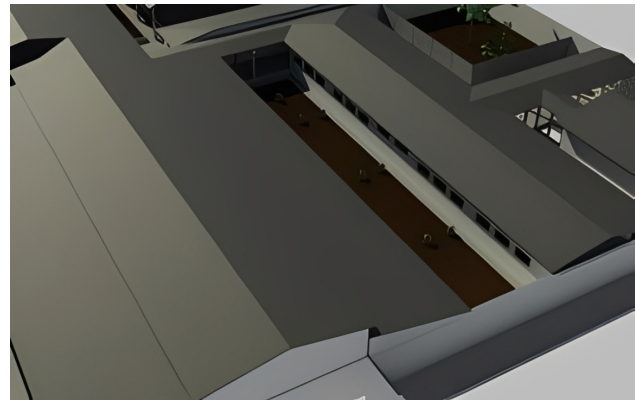
Fonte: Autores (2025).

**Figura 13 – Vista 2, sem vegetação - 21-12-25, às 9hr**



Fonte: Autores (2025).

**Figura 14 – Vista 2, sem vegetação 21-12-25, às 16 hr**



Fonte: Autores (2025).

As figuras 7 a 10 mostram a insolação do Sol nas salas de aula do ensino fundamental, podemos ver que a falta da proteção resulta em uma área exposta ao Sol e a radiação ultravioleta, já as figuras 11 a 14 mostram as salas de aulas do ensino infantil que estão em situação similar.

Portanto, para verificar diferentes situações em relação à incidência solar, foram desenvolvidas simulações com a vegetação um modelo 3D paramétricos que reproduzem fielmente a

geometria do edifício. O modelo virtual permite analisar o comportamento térmico e lumínico do espaço ao longo do período de solstícios de inverno e verão, considerando a maquete 3D com a implantação estratégica de vegetação com espécies nativas (Figuras 15 a 22), como Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) e Ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*), posicionadas no jardim que está entre as fachadas mais críticas, assim podendo reduzir significativamente a temperatura interna.

As figuras 15 e 16 representam o primeiro ângulo (chamado de vista 1) com a vegetação, no mesmo dia (21/06), porém em horários diferentes, às 9h e 16h. As figuras 17 e 18 representam a vista 1 porém em verão, dia 21/12, nos mesmos horários que a anterior, às 9h e 16h. Nestas imagens, de 15 a 18 é possível observar grande área coberta pelas sombras das árvores, tanto na parede quanto cobertura.

As figuras 19 e 20 apresentam o segundo ângulo, chamado de vista dois, no inverno, às 9h e às 16h. Enquanto que as figuras 21 e 22, apresentam a simulação no verão, porém nos mesmos horários às 9h e às 16h. Nestas imagens também é possível

observar a projeção das sombras das árvores nas paredes e coberturas.

Os resultados observados nas simulações comprovaram que uma barreira vegetal bem planejada, posicionada nas áreas críticas de insolação, assim protege a área da incidência solar direta, filtrando a radiação sem comprometer a ventilação cruzada. Além disso, estas espécies de vegetação tendem a ter mais folhagens no verão, portanto a folhagem densa atua como um filtro solar, enquanto no inverno, a perda parcial das folhas permite maior entrada de luz e calor, adaptando-se sazonalmente às necessidades de conforto térmico.

**Figura 15 – Vista 1 - com vegetação - 21-06-25  
- 9hr**



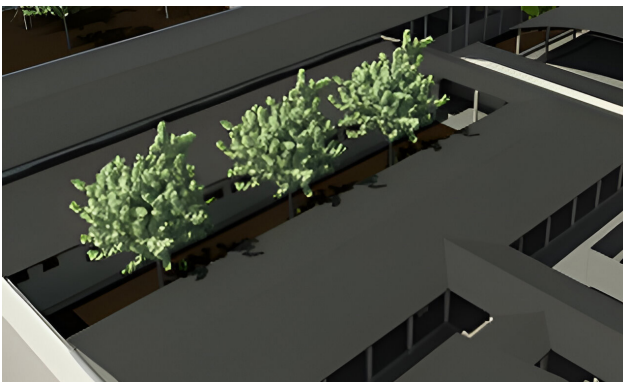
Fonte: Autores (2025).

**Figura 16 – Vista 1 - com vegetação - 21-06-25  
- 16 hr**



Fonte: Autores (2025).

**Figura 17 – Vista 1 - com vegetação- 21-12-25  
- 9hr**



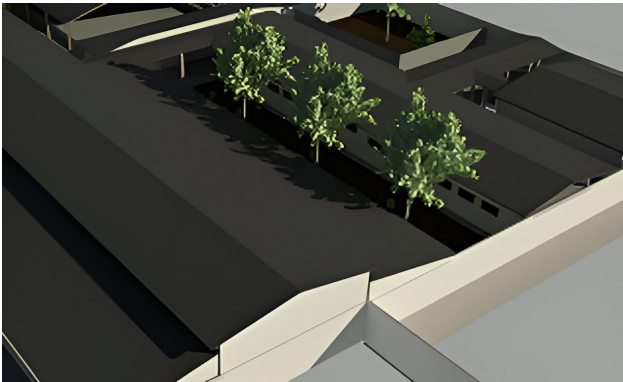
Fonte: Autores (2025).

**Figura 18 – Vista 1 - com vegetação - 21-12-25  
- 16 hr**



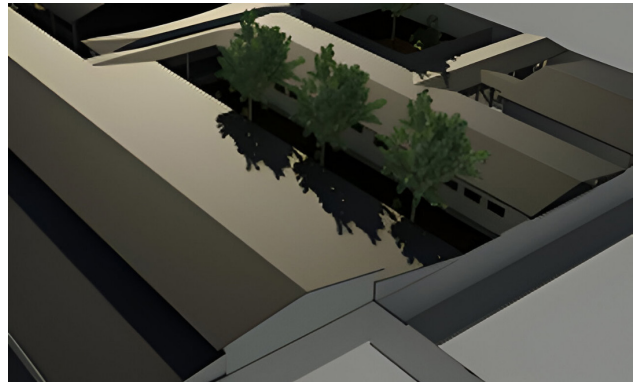
Fonte: Autores (2025).

Figura 19 – Vista 2 - com vegetação - 21-06-25  
- 9hr



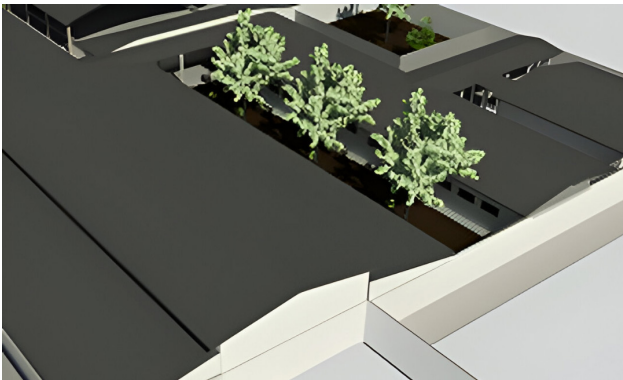
Fonte: Autores (2025).

Figura 20 – Vista 2 - com vegetação- 21-06-25  
- 16 hr



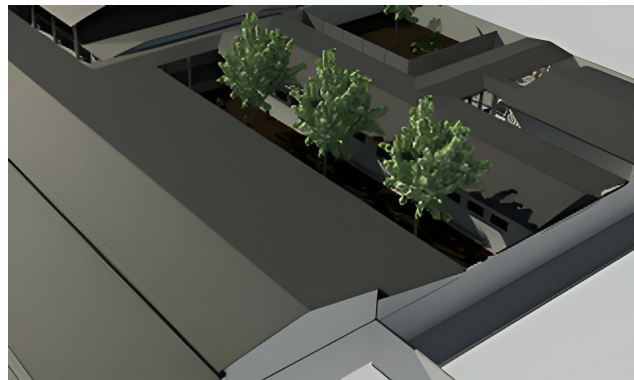
Fonte: Autores (2025).

Figura 21 – com vegetação - 21-12-25 - 9hr



Fonte: Autores (2025).

Figura 22 – com vegetação - 21-12-25 - 16 hr



Fonte: Autores (2025).

A vegetação, ao crescer, criará uma barreira dinâmica que filtra a luz solar direta nos períodos mais quentes, enquanto incentiva o uso da ventilação natural. Durante o inverno, a perda parcial de folhas em algumas espécies garantirá maior entrada de luz e calor, mantendo o conforto térmico sem necessidade de sistemas artificiais. As maquetes virtuais também demonstraram como a disposição das árvores pode melhorar a qualidade da luz interior, evitando ofuscamento e criando padrões de iluminação mais uniformes.

De acordo com Bertolotti (2007), a investigação do uso dos dispositivos de controle de iluminação, temperatura e acústica, combinada a melhores condições de pesquisa e acompanhamento

de resultados, pode ajudar as escolas brasileiras a funcionar em edifícios mais adaptados ao clima do país, que propiciem melhores condições para elevar o desempenho de estudantes e professores e, ao mesmo tempo, contribuir para eficiência energética do edifício. Além disso, do total correspondente ao consumo de edificações, grande parte do potencial elétrico é gasto para promover a climatização mecânica necessária para a manutenção de níveis satisfatórios de conforto ambiental de seus ocupantes, além do consumo proveniente de sistemas de iluminação (PAULSE, 2016).

Essa abordagem mostra como soluções baseadas em ecossistemas podem ser mais eficientes e

sustentáveis do que as intervenções puramente tecnológicas, transformando o ambiente escolar em um espaço mais saudável e conectado com seu entorno natural. Além disso, a presença da vegetação no cotidiano escolar serve como ferramenta de conscientização ambiental, permitindo que alunos, professores e gestores usufruam dos princípios de sustentabilidade e aprendam sobre a importância dos ecossistemas locais. Do ponto de vista econômico, a proposta se mostra especialmente vantajosa para escolas públicas. Ao substituir sistemas de climatização artificial por soluções baseadas na natureza, a instituição reduz significativamente seus custos operacionais com energia e manutenção.

Além dos benefícios térmicos e lumínicos, o projeto prevê que a vegetação trará melhorias acústicas, e segundo Nilsson (2013), os níveis de som são reduzidos interagindo com o material vegetal de duas formas principais. Na primeira, o som pode ser redirecionado por meio de reflexão, difração ou dispersão. Além disso, o som pode ser efetivamente absorvido pelo material da vegetação e parte da absorção é causada pelas vibrações amortecidas das folhas. Na vegetação, ocorre dispersão múltipla. Como resultado, parte da energia do som deixará o caminho direto entre a fonte e o receptor, produzindo níveis mais baixos de pressão sonora naquele receptor. Além disso, a orientação das folhas em relação às ondas sonoras incidentes desempenha um papel importante.

Portanto é necessário um investimento a longo prazo, tanto da escola quanto do planeta, alinhando-se às necessidades atuais de combate às mudanças climáticas e de uso consciente dos recursos naturais e financeiros. A solução vegetal ainda possui a vantagem de ser autossustentável a longo prazo, exigindo apenas manutenção periódica, diferente dos sistemas mecânicos que demandam substituição constante e gastos recorrentes.

A integração de estratégias bioclimáticas no planejamento escolar revela-se um caminho inteligente e responsável, de acordo com Brandão (2009) As condições de conforto e qualidade interna do ar da edificação têm reflexo

no desempenho dos usuários, sendo que em escolas, os impactos são maiores do que em outras edificações, pois a aprendizagem pode ser prejudicada pela ausência de condições necessárias, com consequências a curto e longo prazo. Essa abordagem sustentável representa um investimento no futuro - tanto da escola quanto do planeta -, alinhando-se às necessidades atuais de combate às mudanças climáticas e de uso consciente dos recursos naturais e financeiros.

## 5. Resultados e Discussões

O estudo desenvolvido sobre a análise solar e conforto térmico na EMEF Prof<sup>a</sup>. Dercy Célia Seixas Ferrari demonstrou claramente a importância de integrar estratégias bioclimáticas no planejamento de espaços educacionais. As análises realizadas através de simulações em modelos 3D paramétricos e visitas técnicas comprovaram que as soluções atuais - baseadas principalmente no uso de cortinas e sistemas de ar condicionado - são insustentáveis a longo prazo, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental.

A pesquisa evidenciou que a solução que foi planejada foi utilizar o jardim sensorial e planejar uma vegetação densa e com médio porte que assim faça sombra, diminuindo a insolação nas faces das salas de aula, e também trazendo uma ventilação natural para todas as salas assim não sendo necessário a utilização de ar-condicionados.

Essa solução natural apresenta vantagens multifacetadas: além do conforto térmico, melhora a qualidade da luz natural (evitando ofuscamento), permite a ventilação cruzada, absorve ruídos externos e cria um microclima mais agradável nos espaços de circulação. Durante o inverno, o comportamento semidecíduo de algumas espécies garante a entrada controlada de luz solar e ventilação, mantendo o conforto térmico sem necessidade de sistemas artificiais.

Com a melhora na qualidade do ar por meio da implantação de vegetação densa na escola, pode melhorar a qualidade no entorno já que a implementação de arborização ao longo da

escola pode trazer uma menor insolação para as casas que estão ao redor da escola, como consequência a necessidade de ar condicionados nas casas ao redor seria desnecessária além de que traria uma ventilação mais fresca e natural para as casas ao redor.

Deve existir a preocupação e conscientização que segundo Dias et al (2022) alunos beneficiados com o projeto puderam ter a oportunidade de conhecer e aprender, de forma mais aprofundada e clara, a importância do conforto ambiental nas escolas, na qual puderam visualizar a importância da concepção de arquitetura e engenharia no âmbito de agregar recursos naturais para as edificações sustentáveis sobre o planejamento adequado dos ambientes que contemplam as sensações e manutenção de seu ser.

Essas questões são de extrema importância para o pleno desenvolvimento das capacidades intelectuais e para a garantia de um futuro mais saudável e próspero para os alunos. Investir em ambientes termicamente adequados é, portanto, um passo fundamental para garantir um futuro mais saudável e produtivo às novas gerações. Também foi demonstrado em Dias et al (2022) a importância do incentivo à educação voltada à sustentabilidade, bem como o acesso às novas tecnologias para os jovens da rede pública de ensino, podendo isso ser feito com promoção de atividades diferenciadas, bem como apresentação de ferramentas tecnológicas que despertem interesse em conhecê-las e aprendê-las.

O estudo reforça que investir em soluções baseadas na natureza não só resolve os problemas de conforto ambiental, mas também traz benefícios educacionais, transformando o espaço escolar em um laboratório vivo de educação ambiental. A criação de hortas educativas complementa essa estratégia, transformando o espaço escolar em um laboratório vivo de educação ambiental. A abordagem proposta se mostra particularmente relevante para escolas públicas como a EMEF Dercy, onde os recursos são limitados e a sustentabilidade precisa ser aliada à eficiência econômica.

Os resultados obtidos nas simulações 3D reforçam a viabilidade técnica e econômica desta proposta, que pode ser replicada em outras instituições de ensino da região, adaptando-se às características específicas de cada local. Recomenda-se, como desdobramento futuro, a implementação de um projeto-piloto na EMEF Dercy Célia Seixas Ferrari, com monitoramento contínuo dos dados de conforto e consumo energético, a fim de validar empiricamente os resultados promissores apontados por esta pesquisa e pavimentar o caminho para uma nova política de edificações escolares.

A pesquisa conclui que a arquitetura escolar deve priorizar estratégias bioclimáticas desde a fase de projeto, integrando a vegetação como elemento ativo no controle térmico e lumínico, criando assim ambientes mais saudáveis e propícios ao aprendizado. Afinal, o edifício não é apenas um abrigo, mas um agente educador que, ao conectar o aluno com a natureza, molda cidadãos mais conscientes e melhora diretamente seu desempenho e bem-estar diário. Este estudo também serve, portanto, como um subsídio técnico para gestores públicos, demonstrando que o investimento em soluções verdes é uma prática inteligente, que alia responsabilidade, sustentabilidade e impacto social positivo.

## 6. Referências Bibliográficas

AZEVEDO, N. C. de; TAVARES, S. F. Interoperabilidade entre as ferramentas Revit e OpenStudio para simulação termoenergética . PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 11, p. e020011, 2020. DOI: 10.20396/parc.v11i0.8653783. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8653783>. Acesso em: 22 jul. 2025.

BRANDÃO, D.M.M. da M.T. Análise de custo benefício de sistemas energéticos em escolas secundárias portuguesas. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente). Universidade de Lisboa, Lisboa, 2009.

DALVITE, B.; OLIVEIRA, D.; NUNES, G.; PERIUS,

M.; SCHERER, M. J. Análise do conforto acústico, térmico e lumínico em escolas da rede pública de Santa Maria, RS. *Disc. Scientia. Série: Artes, Letras e Comunicação*, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2007. ISSN 1676-5001.

DIAS, D. dos S. et al. Conscientização para a sustentabilidade ambiental considerando o conforto ambiental e o uso de tecnologias BIM em escola pública (Cajazeiras – PB). *Revista Práxis: saberes da extensão*, João Pessoa, v. 10, n. 20, p. 66-83, jan./abr. 2022.

DIMITRIOU, V. et al. BIM enabled building energy modelling: development and verification of a GBXML to IDF conversion method. In: INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION ASSOCIATION ENGLAND CONFERENCE BSO, 3., 2016, Newcastle. *Proceedings [...]*. Newcastle: IBPSA, 2016. Disponível em: <http://www.ibpsa.org/proceedings/BSO2016/p1126.pdf>.

JALAEI, F.; JRADE, A. An Automated BIM Model to Conceptually Design, Analyze, Simulate, and Assess Sustainable Building Projects. *Journal of Construction Engineering*, v. 14, p. 1-21, nov. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/672896>.

KAMEL, E.; MEMARI, A. M. Review of BIM's application in energy simulation: Tools, issues, and solutions. *Automation In Construction*, v. 97, p.164-180, jan. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2018.11.008>

LABAKI, L. C.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L. Avaliação do conforto térmico e luminoso de prédios escolares da rede pública, Campinas – SP. In: ENCONTRO NACIONAL DO CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6, 2001. *Anais...* São Paulo, 2001.

LAMBERTS, R., GHISI, E., PAPST, A. L.. *Desempenho Térmico de Edificações*. Apostila. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000

NIBS -NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. *National Building Information Modeling Standard (NBIMS) Version 1.0–Part 1: Overview, Principles, and Methodology*.

Washington, DC: NIBS, 2007.

NILSSON, M. et al. *Novel Solutions for Quieter and Greener Cities*. 2013.

NOGUEIRA, M.C.J.A. & NOGUEIRA, J. S. Educação, meio ambiente e conforto térmico: caminhos que se cruzam. *Revista Eletrônica em Educação Ambiental*. Rio Grande, RS, ISSN: 1517-1256. p. 104-108, v. 10, 2003.

PAIXÃO, D. X. da. Análise das condições acústicas em salas de aula. *Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997*.

Secretaria Municipal da Educação. EMEF Prof<sup>ª</sup>. Dercy Célia Seixas Ferrari. *Plano de Trabalho 2018*. Ribeirão Preto, 2018. p 1-14. Disponível em: [https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/files/transparencia/terceiro/educacao/emef\\_dercy\\_2018.pdf](https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/files/transparencia/terceiro/educacao/emef_dercy_2018.pdf). Acesso em: 9 jul. 2025.

Secretaria Municipal da Educação. APM da EMEF Prof<sup>ª</sup>. Dercy Célia Seixas Ferrari. *Plano de Trabalho 2025*. Ribeirão Preto, 2025. p 1-17. Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/portal/pdf/educacao2222.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2025.

SILVA, F. D; SALGADO, M. S. The use of FTA to evaluate the potential of the BIM platform in building rehabilitation. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 8, n.1, p. 3-19, mar. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v8i1.8649200>

SANTOS L., COUTO J. P. BIM tools and procedures for energy evaluation and optimization in buildings. In: SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS, 15., 2015, Porto. *Proceedings [...]*. Porto: SHEWC, 2015. Disponível em: <http://copec.eu/congresses/shewc2015/proc/works/36.pdf>.

VENTURA, M. M. O Estudo de caso como modalidade de pesquisa. *Rev SOCERJ*. 2007; 20(5):383-386.