ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Fachadas Adaptativas no Brasil: uma análise e classificação de estudos de caso

Adaptive Facades in Brazil: an analysis and classification of case studies

Letícia Juliana Donegá Grenteski
Unilasalle-RJ | Niterói | Brasil | leticia.grenteski@soulasalle.com.br
Midiany Serra da Silva Matos Fazolo
Unilasalle-RJ | Niterói | Brasil | midiany.fazolo@soulasalle.com.br
Diego Souza Caetano
Unilasalle-RJ e UFF | Niterói | Brasil | diego.caetano@lasalle.org.br
Paula de Castro Brasil
Unilasalle-RJ e UERJ | Niterói | Brasil | paula.brasil@lasalle.org.br
Louise Land Bittencourt Lomardo
UFF | Niterói | Brasil | louiselbl@gmail.com

Resumo

Este artigo científico explora o conceito de Fachadas Adaptativas e sua relação com a sustentabilidade na arquitetura brasileira. Por meio de uma abordagem exploratória e qualitativa, a pesquisa utiliza levantamento bibliográfico e análise documental para identificar o estado da arte das Fachadas Adaptativas no Brasil. A metodologia adotada baseia-se nos critérios de classificação de fachadas adaptativas existentes, permitindo a avaliação do desempenho das fachadas selecionadas. Dois casos de estudo são apresentados: a Fachada ProSolve, que utiliza TiO2 para filtrar o ar poluído, e a Fachada Luminosa do Hotel WZ, que reage em tempo real aos estímulos sonoros e visuais. A análise preliminar revela que ambas as fachadas contribuem para o conforto interno dos ocupantes e para a melhoria do entorno urbano, cada uma com características específicas de funcionamento e manutenção. O estudo destaca a importância das Fachadas Adaptativas como soluções sustentáveis na arquitetura brasileira, promovendo o uso eficiente de recursos naturais e reduzindo os impactos ambientais das edificações.

Palavras-chave: Envoltória Adaptativa. Sustentabilidade. TiO2. Prosolve 370e.

Abstract

This paper explores the concept of Adaptive Facades and its relationship with sustainability in Brazilian architecture. Through an exploratory and qualitative approach, the research uses bibliographical research and documentary analysis to identify the state of the art of Adaptive Facades in Brazil. The methodology adopted is based on existing adaptive facade classification criteria, allowing the performance of selected facades to be evaluated. Two case studies are

presented: the ProSolve Facade, which uses TiO2 to filter polluted air, and the Luminous Facade of the WZ Hotel, which reacts in real time to sound and visual stimuli. The preliminary analysis reveals that both facades contribute to the internal comfort of the occupants and to the improvement of the urban environment, each with specific characteristics of operation and maintenance. The study highlights the importance of Adaptive Facades as sustainable solutions in Brazilian architecture, promoting the efficient use of natural resources and reducing the environmental impacts of buildings.

Keywords: Adaptive Envelope. Sustainability. TiO2. Prosolve 370e.

INTRODUÇÃO

As “Fachadas Adaptativas” são envelopes de construção com capacidade de responder ao clima externo e ser eficaz para o conforto interno dos ocupantes da edificação - uma segunda pele, uma envoltória protetora [1]. Sua principal tarefa funcional é: “separar o mundo exterior do interior de influências externas como o vento, a precipitação ou a intensa radiação solar” [2]. Esta separação não é necessariamente um isolamento, mas principalmente um aproveitamento, um uso regulado dos eventos naturais, com a finalidade de melhorar o conforto térmico e a eficiência energética do ambiente interno da edificação.

Diante dessas questões, unindo a função da arquitetura e a preocupação com o meio ambiente, o artigo busca estudar as fachadas adaptativas e suas tecnologias promotoras de Sustentabilidade, desde as primeiras concepções de fachadas adotadas até a contemporaneidade, através do levantamento de seu estado da arte. A presente pesquisa científica teve um propósito exploratório e uma abordagem qualitativa, voltada para o contexto do território brasileiro. Houve um levantamento bibliográfico sobre os conceitos de Fachadas Adaptativas e sua relação com a sustentabilidade ambiental. Houve também uma análise documental de livros, manuais, artigos e teses que esclareceram os conceitos principais, bem como pesquisas via internet de relatórios governamentais sobre clima e assuntos correlacionados.

A fim de organizar a pesquisa, o artigo foi dividido em alguns tópicos. Inicialmente foram conceituados os termos “Fachadas Adaptativas” e “Sustentabilidade”, este dentro da perspectiva das fachadas adaptativas. Em seguida, foram descritos os critérios de análise por Loonen [3], a fim de esclarecer a base da análise preliminar das fachadas brasileiras eleitas neste artigo. Para finalizar, foram incluídos dois exemplos de Fachadas Adaptativas construídas no Brasil que conseguiram aplicar o conceito de Fachada Adaptativa como solução sustentável.

FUNDAMENTAÇÃO: UMA PERSPECTIVA SOBRE AS FACHADAS ADAPTATIVAS

A origem da palavra “fachada” tem seu início no século XIV, mas seu uso foi mais comum no século XV. A etimologia da palavra tem origem na Itália, da palavra “*facciata”*, do latim “*facies”*, que significa aparência, rosto, semblante. O termo “face” tem conotação antropomórfica, geométrica e moral. Por antropomórfica entende-se a representação da face humana com olhos, orelhas, nariz, pescoço e testa, que

correspondem aos altos e baixos relevos superficiais dos edifícios, sendo assim, portas (boca de entrada) e janelas (olhos e nariz), envolvendo noções de espessura e de relações entre cheios e vazios. A conotação geométrica parte da superfície plana sem saliências, sem espessura ou reentrância, como a face de um cubo. A moral sendo sua aparência superficial, exterioridade enganosa ou falso indício [4].

Um outro termo muito utilizado para fazer referência à fachada de um edifício é "envoltória", também conhecida como "envelope protetor", representando a principal e mais importante razão da construção, por proporcionar proteção contra as intempéries. Ainda de acordo com Herzog, Krippner e Lang [5], à medida que os humanos passaram de um estilo de vida nômade para um estilo sedentário, deu-se início a uma nova forma de viver e habitar, sendo construídos abrigos com o uso de materiais disponíveis em suas regiões. Nasceram paredes externas e telhados, de acordo com suas novas necessidades. As superfícies externas destas moradias foram criadas com o objetivo de cumprir funções, a mais importante das quais era a proteção contra tempestades e mudanças climáticas. Com a criação das paredes ou fachadas, passaram não somente a separar o interior do edifício e seu exterior, mas também a fornecer um meio adicional de comunicação, complementando as superfícies internas.

Com a evolução dos sistemas construtivos e a produção de novos materiais, novas possibilidades estruturais também surgiram, dando à fachada uma condição de independência. A partir deste momento, esta autonomia pôde se apresentar de diferentes formas e com a finalidade de atingir diferentes objetivos - estéticos e funcionais. A partir da Revolução Industrial (meados do século XVIII), com destaque para a fabricação do ferro e do vidro, as estruturas foram adquirindo capacidades de equilíbrio e estática, trazendo maior leveza para as edificações, com possibilidades de paredes mais estreitas e com aberturas com capacidade de vencer vãos maiores. O concreto armado, somente criado no fim do século XIX, proporcionou uma das maiores revoluções nas possibilidades da arquitetura até hoje empregadas [6].

O conceito de adaptação se reúne com uma profusão de conceitos associados a arquitetura, dentre eles o de sustentabilidade, na ênfase de que, em termos ecológicos, significa tudo que pode ser feito para que não ocorra a morte da Terra [7]. De acordo com Caetano [8], "A partir da Revolução Industrial, o mundo vem se tornando cada vez mais urbano, e o consumo de energia cada vez mais intenso, exponenciado pelo modo de produção capitalista e a sociedade baseada no consumo". Esta revolução promoveu diversas transformações no mundo, alterando a formatação das cidades, a vida das pessoas com trabalhos alienantes e a disseminação de doenças, entre tantas outras consequências negativas [9]. É nesse cenário que a Arquitetura e Urbanismo enquanto ciência indispensável para as construções do modo de vida contemporâneo se apresenta, podendo contribuir para a sustentabilidade do Planeta, com construções que possam adaptar-se ao meio. Neste sentido, as fachadas adaptativas já carregam em sua origem a função de aproveitamento daquilo que vem naturalmente do ambiente em que elas existem. Ou seja, nasceram para ser sustentáveis. A partir desta premissa, os diversos materiais empregados buscam garantir algum tipo de aproveitamento, minimizando o uso de energia fóssil e trazendo o conforto necessário aos ambientes construídos. De acordo com Klein:

> *[...] a crescente demanda por baixo consumo de energia e uma maior sensação de conforto deram à fachada um novo papel importante no conceito geral do edifício. Deve ser não apenas extremamente bem isolado, mas também adaptável para modular positivamente o clima interno.* [10].

Durante o período efervescente do Modernismo no Brasil, que fortemente marcou a arquitetura e o urbanismo brasileiros, as fachadas eram projetadas com a finalidade não somente estética, mas principalmente direcionadas ao clima e ao direcionamento solar. Difundiu-se o uso de brises (fixos e móveis) e de cobogós (elementos vazados), que revolucionaram o conforto nas edificações, até então com aberturas totalmente desprotegidas da insolação e sem aproveitamento da ventilação natural. As fachadas adaptativas seguem a mesma direção de busca do conforto com sustentabilidade. Como ressalta Arantes (2019), "Pelo caráter dinâmico e adaptação a diferentes condições de contorno, as fachadas adaptáveis possuem desempenho otimizado e são vistas como o próximo grande marco da tecnologia de fachadas" [11].

Distantes da tradicional função de suporte estrutural, as fachadas evoluíram para se tornar elementos independentes e multifuncionais. Esta transformação permite a incorporação de diferentes camadas, como fachadas duplas ou triplas, ou a utilização de fachadas únicas com variação em suas camadas. As fachadas adaptativas podem se configurar tanto como revestimentos externos quanto como complementos ao sistema principal de fachada, quando não desempenham a função de vedação primária. Em outras palavras, elas podem ser projetadas para oferecer benefícios adicionais, como controle de luz solar, isolamento térmico ou estético, sem interferir na estrutura principal do edifício. Essa flexibilidade permite que a fachada não só responda às demandas funcionais e climáticas, mas também contribua para a identidade visual e eficiência do edifício.

MÉTODO: CRITÉRIOS DE ANÁLISE SEGUNDO LOONEN (2018)

São inúmeras as discussões sobre como avaliar o desempenho de uma estrutura tão diversa como as fachadas adaptativas. Muitos autores discutem o tema e acabam esbarrando na falta de um método de quantificação. Incoerentemente, existem fachadas que são adaptativas, mas que apresentam um alto custo energético, demonstrando falhas de projeto. Entre estes autores estão ZHANG et al [12] que discutem sobre a importância da conscientização do consumo de energia e sua relação com as Fachadas Adaptativas, trazendo análises de âmbito mundial, cujas pesquisas apontam dados de um aumento significativo no consumo energético até o ano de 2035 de 50%, sendo ⅓ gerado pelos edifícios. Torna-se imprescindível um modo de avaliar o desempenho dos edifícios, desde a fase projetual até seu funcionamento. Dentre as tentativas desta avaliação de desempenho, destaca-se a apresentada a seguir, o modelo apresentado por Loonen na Universidade Holandesa TU Delft.

Um grupo com diversos colaboradores de diferentes países desenvolveu um modelo de avaliação de desempenho de edificações com o objetivo de promover a evolução no uso energético, conforto térmico e visual, além do desempenho estrutural e durabilidade nas Fachadas Adaptativas de um edifício. Este estudo, realizado por

Loonen aponta que são diversos os critérios que deverão ser analisados na avaliação de desempenho geral do edifício, entre eles: "[...] transferência de calor e massa acústica, luz, resistência ao fogo, custo, sustentabilidade e vida útil". Em relação à vida útil, estão incluídos critérios que medem a resistência à deterioração, a qualidade do material, sua acessibilidade (custos de manutenção e renovação), sua estética (medida a partir da sensação de bem-estar), assim como o impacto ambiental da manutenção da edificação como um todo. Isto reforça a importância da avaliação destas condições ainda durante a fase projetual. Estes critérios estão expostos na figura a seguir.

Tabela 1: Critérios de Classificação das Tecnologias das Fachadas Adaptativas.

Objetivo	Função	Operação	Tecnologia (materiais e sistemas)	Tempo de Resposta	Escala	Visibil.	Grau de Adaptabilidade
Conforto Térmico	Prevenir, Rejeitar, Admitir ou Regular os ganhos térmicos solares por condução, radiação e convecção	Automática (intrínseca) Manual (extrínseca)	Sombreamento Isolamento Vidros Inteligentes (*smart glass* ou *switchable glazing*) PCM (*Phase Change* Tubos Solares Sistemas Fotovoltáicos Integrados ao Edifício (BIPV) Sistemas Solares Térmicos Ligas metálicas deformáveis com memória (SMA) Fachadas Cinéticas (*Kinetic Systems*)	Segundos Minutos Horas Dias-Noites Estações Anos Decadas	Materiais de Construção Elementos de fachada Parede Aberturas Cobertura Edifício como um todo	Sem Baixa Alta	On-Off Gradual
Qualidade do Ar Interno	Porosidade controlada para troca ou filtragem do ar externo						
Performance Visual (iluminância, brilho, visibilidade)	Prevenir, Rejeitar, Admitir ou Redirecionar a luz visível						
Qualidade Acústica	Prevenir, Rejeitar, Admitir ou Redirecionar a pressão sonora						
Geração de Energia	Coletar e converter a energia dos ventos e a luz solar em eletricidade ou energia térmica						
Controle Pessoal	Interação do Usuário e Adaptação de acordo com as necessidades individuais						

Fonte: Europe Cooperation in Science and Technology (2016). Tradução nossa.

Na Tabela 1 estão organizados os critérios que precisam ser avaliados em cada sistema de fachada adaptativa. A partir de cada objetivo (conforto térmico, qualidade do ar interno, performance visual, qualidade acústica, geração de energia e controle pessoal) e sua função, são avaliadas as respostas relacionadas ao tipo de operação, à tecnologia utilizada, o tempo de resposta, em qual escala do edifício, sua visibilidade e grau de adaptabilidade. É a partir da identificação destas variáveis que o método de Loonen viabiliza a avaliação do desempenho das fachadas adaptativas, e será desta maneira que as fachadas apresentadas neste artigo serão analisadas.

Para responder à questão da pesquisa e atingir o objetivo geral, foram considerados os seguintes objetivos específicos: Discutir o conceito de fachada adaptativa; Investigar os tipos de fachadas adaptativas construídas no Brasil; Selecionar edificações para fins de análise preliminar, sendo selecionadas duas, à saber: Fachada Prosolve AFIP - SP e Fachada Luminosa Hotel WZ - SP; E realizar uma análise preliminar das duas edificações que aplicaram o conceito de fachadas adaptativas em edificações no Brasil, utilizando os critérios definidos por Loonen.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: ESTUDOS DE CASO DE FACHADAS ADAPTATIVAS NO BRASIL

FACHADA PROSOLVE (TIO2) - AFIP SÃO PAULO|SP

Um dos materiais selecionados para este estudo, devido a ser o único em uma edificação no Brasil, foi o ProSolve 370e. Produzido por uma empresa alemã (Escritório

de Arquitetura Elegant Embellishments, Berlim), é fabricado a partir de dióxido de titânio (TiO2) e de outras tecnologias capazes de combater a poluição do ar. Suas partículas são acionadas através da luz do dia e neutralizam as partículas poluentes [13/13].

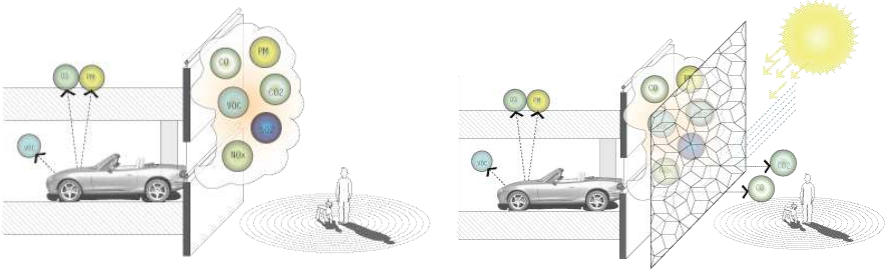
Figura 1: Perspectivas da fachada do prédio da AFIP - São Paulo - SP



Fonte: Adaptado de INOVA TS Engenharia, 2023.

Esse material - ProSolve 370e - é uma estrutura leve, oca, com montagem modular em partes de geometria X e Y que se unem através de parafusos no momento da montagem. Aplicado como uma estrutura de fachada independente, sobreposto à fachada da edificação e econômico por seu processo repetitivo. Seu desenho orgânico é inspirado na fotomimética e lembra a forma de corais marinhos, sendo que sua estrutura final se assemelha a um grande cobogó (elemento vazado), o que confere à fachada não somente sua condição de sustentabilidade, mas também de obra de arte. Sua principal função é a de neutralizar o ar, o que ocorre devido ao seu revestimento fotocatalítico de dióxido de titânio (TiO2) ativado pela luz ultravioleta. Ou seja, com a umidade do ar e os fótons da luz UV, há uma reação química que produz uma espécie de oxigênio reativo, o qual possui a capacidade de decompor poluentes como os provenientes do tráfego das ruas movimentadas, funcionando como uma membrana protetora (Figura 2), conforme explica Daniel Schwaag - arquiteto, co-fundador e CTO da Elegant Embellishments [14/14].

Figura 2: Processo de neutralização do ar poluído pela combustão dos automóveis



Fonte: Elegant Embellishments (2013).

FACHADA LUMINOSA - HOTEL WZ SÃO PAULO|SP

O Hotel WZ, também conhecido como Hotel Luz, está localizado no bairro dos Jardins, em São Paulo. Sua fachada foi desenhada pelo arquiteto e mestre pela USP Guto Requena, 43 anos, nascido em Sorocaba, São Paulo. Construída entre os anos de 2013 e 2014 e finalizada em 2015, a proposta da fachada luminosa além de promover a revitalização do edifício de 30 andares que data da década de 1970, criou uma

camuflagem urbana, de modo que as luzes refletem a paisagem sonora da cidade. Os hóspedes do hotel podem interagir através de um aplicativo para celular.

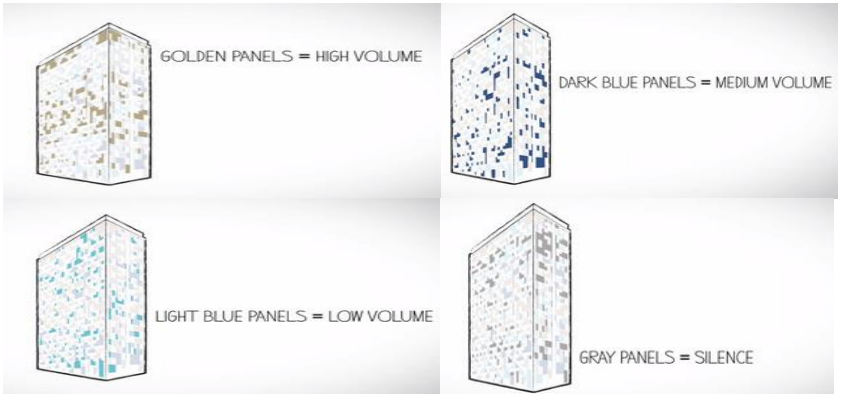
Figura 3: Hotel WZ ("Hotel Luz") - perspectiva diurna e noturna.



Fonte: Adaptado de Baratto (2015).

Esta "Criatura de Luz" gerada a partir de um software paramétrico (Grasshoper), cuja placa metálica de LED possui baixo consumo energético, apresenta um comportamento autônomo reagindo em tempo real aos estímulos que são reconhecidos pelos sensores sonoros instalados na fachada. Construída com chapas metálicas coloridas revestindo todo o edifício, sua envoltória pixelizada pode variar entre as cores dourada, azul e cinza, sendo a dourada a que indica maior nível de ruído, passando pela gradação de azul que representa níveis médios e baixos de ruído, até os níveis de silêncio representados pela cor cinza (Figura 04). Assim como o ruído, a qualidade dor também altera as cores da fachada, sendo a pior qualidade representada por tons mais quentes como vermelhos e laranjas [15].

Figura 4: Luz dourada, azul e cinza - gradação decrescente de ruído



Fonte: Baratto (2015).

A intenção aplicada nessa fachada interativa foi a de tornar o edifício híbrido, com a mistura de características concretas e virtuais. Além disso, pretendeu-se destacar o edifício em meio ao contexto de prédios monótonos e acinzentados desta região da cidade, muitas vezes de baixo valor arquitetônico, conforme explica Baratto [15].

RESULTADOS E DISCUSSÃO: ANÁLISE PRELIMINAR

Conforme exposto na Tabela 2, a fachada da AFIP (destacada em azul claro), apresenta como objetivo principal a qualidade do ar, através da filtragem do ar poluído pela combustão dos veículos das avenidas próximas ao edifício, atuando não somente no ar interno da edificação, como também melhorando a qualidade de seu entorno. Sua atuação é automática, sem a necessidade de algum controle – a partir de sua instalação, já está em funcionamento. A vida útil do material construtivo (Prosolve|TiO2) é longa e a manutenção está mais voltada à limpeza dos módulos. Considerando que há também a aplicação de uma fachada verde, é esperado que haja uma potencialização no que se refere à qualidade do ar para o edifício e seu entorno. Na tabela, não havia a opção deste material, por esta razão foi incluído. Isto pode ser explicado pela inovação do material para uso em fachadas – lembrando que são somente quatro no mundo.

Tabela 2: Análise das Fachadas da AFIP e do Hotel WZ

Objetivo	Função	Operação	Tecnologia (materiais e sistemas)	Tempo de resposta	Escala	Visibilidade	Grau de adaptabilidade
Conforto Térmico	Prevenir, Rejeitar, Admitir ou Regular os ganhos térmicos solares por condução, radiação e convecção	Automatica (intrínseca) Manual (extrínseca)	Sombreamento Isolamento Vidros Inteligentes PCM Tubos Solares BIPV Sistemas solares térmicos Liga Metálicas (SMA) Fachadas Cinéticas Dióxido de Titânio	Segundos Minutos Horas Dias-Noites Estações Anos Décadas	Materiais de Construção Elementos de Fachada Parede Aberturas Cobertura Edifício como um todo	Sem Baixa Alta	On-Off Gradual
Qualidade do ar interno	Porosidade controlada para troca ou filtragem do ar externo						
Performance Visual (iluminância, brilho, visibilidade)	Prevenir, Rejeitar ou Admitir a luz visível						
Qualidade Acústica	Prevenir, Rejeitar, Admitir ou redirecionar a pressão sonora						
Geração de Energia	Coletar e converter a energia dos ventos e a luz solar em eletricidade ou energia térmica						
Controle Pessoal	Interação do Usuário e Adaptação de acordo com as necessidades individuais						

AFIP
HOTEL WZ

Fonte: Adaptação de Europe Cooperation in Science and Technology (2016) (grifo nosso)

Ainda de acordo com a Tabela 2, a fachada do Hotel WZ está destacada em azul escuro. É considerada como Fachada Adaptativa devido à interação através da mudança de cor de suas luzes, respondendo aos ruídos externos e à qualidade do ar, bem como a partir do controle do usuário. Apesar de não atuar como barreira acústica, sua resposta está diretamente relacionada aos ruídos, assim como ao nível de poluição, admitindo sua existência. O material da fachada não está presente na tabela, uma vez que é um material estático, cuja interação provém dos sensores e sua aplicação em forma de luz. Seu objetivo, além de reconfigurar a estética do edifício, pretende conscientizar para a interferência da poluição sonora e do ar na paisagem da cidade e na vida das pessoas. A capa metálica com luz de LED aplicada à fachada da edificação necessita de manutenção, mas seu custo é relativamente baixo. Os componentes e sensores eletrônicos também precisam de atualizações, assim como o aplicativo oferecido aos usuários.

A adaptação de fachadas e sua composição podem ser objeto de discussão no atendimento as normas técnicas nacionais em outro momento, como a Norma Técnica 15575 [16] [17] que, apesar de ser destinada para edifícios habitacionais, estabelece critérios de desempenho que podem ser aplicados a qualquer tipo de edificação, tais como: Desempenho Térmico, onde a utilização de fachadas adaptativas pode contribuir para o atendimento dos requisitos de desempenho térmico estabelecidos pela norma, proporcionando um melhor conforto térmico aos usuários e eficiência energética; Desempenho Acústico, onde as fachadas adaptativas podem ser projetadas para melhorar o isolamento acústico das edificações, atendendo assim aos critérios de desempenho acústico da norma, essencial para ambientes urbanos ruidosos; Durabilidade e Manutenibilidade, onde a escolha de materiais e tecnologias, como o dióxido de titânio (TiO2) mencionado no artigo, deve considerar a durabilidade e a facilidade de manutenção, conforme os requisitos da Norma 15575; E sustentabilidade, onde a norma não apenas considera a eficiência energética e o conforto ambiental, mas também incentiva o uso de tecnologias e materiais sustentáveis. O uso de luzes para indicar as condições do entorno, conforme descrito no artigo, é um exemplo de como soluções inovadoras podem contribuir para a conscientização e a preservação ambiental.

CONCLUSÃO

O percurso do desenvolvimento das fachadas adaptativas no Brasil é recente, sua aplicação tem ocorrido principalmente nos grandes centros urbanos, como é o caso das edificações aqui apresentadas, e comumente em prédios empresariais. É preciso que o conceito apresente um uso mais recorrente, podendo tornar-se aplicável em outras situações. Como tudo em uma sociedade, são necessárias leis que organizem as construções e que possam incluir o foco da sustentabilidade. Dentro dessa perspectiva, concluímos que as fachadas adaptativas têm um grande potencial para atender aos critérios de desempenho estabelecidos pela Norma Técnica 15575, por exemplo, além de promoverem uma arquitetura mais sustentável e consciente. É essencial que o Brasil continue a desenvolver e aplicar esses conceitos, integrando-os às regulamentações e práticas de construção para garantir edificações que não apenas atendam aos requisitos de desempenho, mas também contribuam para a preservação do meio ambiente.

O estudo deste artigo buscou um conhecimento mais teórico sobre os conceitos de Fachadas Adaptativas e Sustentabilidade, sem conseguir abranger o todo das aplicações destas fachadas no Brasil - seu estado da arte, a questão da pesquisa. O objetivo geral pretendeu identificar o uso das Fachadas Adaptativas no Brasil e suas tecnologias promotoras de sustentabilidade, sendo para tanto elencadas duas edificações com a finalidade de exemplificar que existem possibilidades criativas e tecnológicas que podem transformar o modo de projetar e o modo de pensar a natureza, preservando-a.

Dentro dessa perspectiva, foi possível concluir que são muitas as possibilidades da arquitetura na aplicação de conceitos sustentáveis às edificações, desde soluções

inovadoras como o uso do material dióxido de titânio (TiO2), até mesmo soluções como o uso de luzes para indicar as condições do entorno, criando uma demanda de sensibilização para a questão da sustentabilidade do Planeta.

REFERÊNCIAS

[1] ATTIA, Shady et al. **Adaptive Facades System Assessment: An initial review.** In: 10TH CONFERENCE ON ADVANCED BUILDING SKINS, 2015, Berna. **ECONOMIC FORUM Germany**, 2015. p. 1275-1283.

[2] VOIGT, Michael P.; ROTH, Daniel; KREIMEYER, Matthias. **Main Characteristics of Adaptive Façades**. Proceedings of the Design Society , v. 2, p. 2543-2552, 2022.

[3] LOONEN, RCGM et al. **Building performance simulation and characterisation of adaptive facades – adaptive facade network.** Delft: TU Delft Open, 2018. 189p.

[4] LEÃO, Silvia Lopes Carneiro. **A evolução do conceito de fachada**: **do renascimento ao modernismo.** Argentina: Arquisur revista n. 4, 2013. 22 p.

[5] HERZOG, Thomas; KRIPPNER, Roland; LANG, Werner. **Facade construction manual**. 1 ed. Munique: Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co., 2004. 352p.

[6] COLLIN, Sílvio. **Uma Introdução à Arquitetura**. 7 ed. Rio de Janeiro: Jaguatirica, 2019. 212p.

[7] BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é-o que não é**. Editora Vozes Limitada, 2017. *E-book.* Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=px46DwAAQBAJ&newbks=1&newbks_redir=0&printsec=frontcover&hl=pt-BR&redir_esc =y#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 25 outubro 2023.

[8] CAETANO, Diego Souza. **O Arquiteto e o Projeto na Certificação de Edifícios: uma análise construtiva do RTQ.** 2013. 119 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013.

[9] HAROUEL, Jean-Louis. **O urbanismo da era industrial**. In: HAROUEL, Jean-Louis. História do Urbanismo. Campinas: Papirus, 1990. Cap. 5. p. 101-147. Tradução Ivone Salgado.

[10] KLEIN, Tillmann. **Integral Facade Construction: Towards a new product architecture for curtain walls.** Architecture and the environment. Technische Universiteit Delft, Delft, 2013. 241 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/307766500_Integral_Facade_Construction_Towards_a_new_product_architecture_for_curtain_walls. Acesso em: 25 outubro 2023.

[11] ARANTES, Beatriz. **Fachadas sazonalmente adaptáveis: potencial de melhoria de desempenho termo-energético de edifícios residenciais.** 2019. 101 f. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, São Paulo, 2019.

[12] ZHANG, Xi et al. **Adaptive Façades: Review of Designs, Performance Evaluation, and Control Systems**. Buildings , v. 12, n. 12, p. 2112-2140, 2022.

[13] HOMETEKA. **Arquitetura vs. Poluição**. 2013. Disponível em: https://www.hometeka.com.br/f5/arquitetura-vs-poluicao/ Acesso em: 25 outubro 2023.

[14] INOVA TS ENGENHARIA. **Fachada Prosolve AFIP**. 2023. Disponível em: www.inovats.com.br. Acesso em: 26 outubro 2023.

[15] BARATTO, Rômulo. (Brasil) (org.). **Estúdio Guto Requena cria fachada de luz interativa em São Paulo**. 2015. ArchDaily. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/770171/estudio-guto-requena-cria-fachada-de-luz-interativa-em-sao-paulo. Acesso em: 08 novembro 2023.

[16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: Edificações Habitacionais

– Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2021.

[17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-5**: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 5: Requisitos para os sistemas de cobertura. Rio de Janeiro, 2021.

[18] ZHANG, Xi et al. **Adaptive Façades: Review of Designs, Performance Evaluation, and Control Systems**. Buildings , v. 12, n. 12, p. 2112-2140, 2022.