



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RAPHAEL ARLEGO DE ALCÂNTARA SANTANA

**USO DE FACHADAS VENTILADAS COM REVESTIMENTO CERÂMICO EM
FORTALEZA: ESTUDO DO CUSTO GLOBAL**

FORTALEZA

2016

RAPHAEL ARLEGO DE ALCÂNTARA SANTANA

USO DE FACHADAS VENTILADAS COM REVESTIMENTO CERÂMICO EM
FORTALEZA: ESTUDO DO CUSTO GLOBAL

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- S223u Santana, Raphael Arlego de Alcântara.
 Uso de fachadas ventiladas com revestimento cerâmico em Fortaleza / Raphael Arlego de Alcântara Santana.– 2016.
 59 f.: il., color.
- Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2016.
 Orientação: Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini.
1. Fachadas. 2. Revestimento em cerâmica. 3. Porcelanato. I. Título.

CDD 669

RAPHAEL ARLEGO DE ALCÂNTARA SANTANA

USO DE FACHADAS VENTILADAS COM REVESTIMENTO CERÂMICO EM
FORTALEZA: ESTUDO DO CUSTO GLOBAL

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini

Aprovado em: 27/01/2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antônio Eduardo Bezerra Cabral
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Ricardo Marinho de Carvalho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

À UFC, por ser minha segunda casa nesses últimos cinco anos e por me dar condições de completar minha graduação com sucesso.

A toda minha família, em especial aos meus pais, Edmar e Sandra Arlego, por todo carinho, dedicação e ensinamentos a mim destinados, que tanto contribuíram para minha formação.

Aos membros da banca avaliadora, Prof. Dr. Eduardo Cabral e Prof. Dr. Ricardo Marinho, por aceitarem o convite, abdicando de parte de seu precioso tempo, e por suas contribuições feitas neste trabalho, e ao Prof. Dr. Alexandre Bertini, meu orientador.

À Prof^ª. PhD. Verônica Castelo Branco e ao Prof. Dr. Bruno Bertoncini, que, sempre atenciosos e dispostos a ajudar no que fosse preciso, me cobraram as etapas deste trabalho e me deram forças para não desistir.

A todos os professores do curso de engenharia civil da UFC que, em maior ou menor grau, influenciaram na minha formação, transmitindo seus conhecimentos práticos e teóricos, suas experiências de vida e me motivaram a ser um bom profissional.

Ao Prof. MSc. José Ramalho, que, sempre solícito, me ajudou bastante com a revisão bibliográfica e com alguns contatos necessários para a execução deste trabalho.

Por todo o acervo técnico e teórico disponibilizado, pela atenção em me receber em visitas ou videoconferências e pelo conhecimento a mim transmitido, agradeço aos seguintes profissionais: Eng. Dr. Jonas Medeiros (Inovatec Consultores), Prof. Dr. Otávio Nascimento (Consultare), Arq. MSc. Ana Carolina Maciel e Prof^ª. Dr^a. Michele Carvalho (UNB), Arq. Lígia Massetto e Eng. Luiz Manetti (Portobello), Prof^ª. Dr^a. Mercia Bottura (USP), Eng^a. Ângela Saggin e Eng. Felipe Brito (C. Rolim), Eng^a. Vívian Rebouças, Eng. Roberto Lima, Eng. Rogério Rios e Eng. José Simões (J. Simões), Eng. Lawton Parente (Engeterra), Eng. Ricardo Locarno (Hospital São Camilo), Sr. Júnior Dantas e Eng. Cláudio Thurler (Gail).

Aos amigos, agora engenheiros, Artur Herculano e Mateus Bezerra, que me ajudaram com contatos e material de estudo, e à Paula Nobre, que foi um grande norte durante a elaboração desta monografia. Agradeço também aos demais amigos e colegas, não só da faculdade, como fora dela, que fazem parte da minha vida e os quero por perto enquanto ela durar.

"Tudo que se conhece está numa ilha, circundada pelo oceano do desconhecido. Na medida em que o conhecimento avança, essa ilha cresce, mas, com isso, cresce também a fronteira com o desconhecido."

(Marcelo Gleiser)

RESUMO

O objetivo deste trabalho é fazer um estudo do custo global de sistemas de fachadas ventiladas com revestimento cerâmico usados na cidade de Fortaleza. As fachadas ventiladas são uma alternativa com maior desempenho termoacústico, mais sustentável e em prol da industrialização da construção civil, mas resta saber se seu custo global é menor do que os sistemas de revestimento aderidos convencionais. Após fazer entrevistas, aplicar questionários e consultas em geral nas construtoras e empresas do ramo, fez-se a comparação dos custos de implantação entre os sistemas de fachadas ventiladas (cerâmica extrudada e com porcelanato) e os sistemas com revestimento cerâmico aderido, que, como esperado, mostrou que as fachadas ventiladas tendem a serem mais caras. Fez-se também a comparação dos custos de manutenção, mostrando que as fachadas ventiladas possuem os menores custos. Por fim, analisou-se o comportamento do custo global dos sistemas com o tempo e verificou-se que o sistema de fachadas ventiladas com porcelanato passou a ser mais econômico, apresentando um custo global menor que as fachadas aderidas em estudo dentro da vida útil de projeto de 50 anos, mínima para uma estrutura de edifício. Dessa forma, esse trabalho mostra que não se deve ater-se ao custo de implantação para analisar a viabilidade econômica de um sistema, outros fatores como a manutenção têm de ser inseridos no estudo a fim de se ter uma visão sistêmica do uso desse sistema.

Palavras chave: Revestimentos de fachadas. Fachadas ventiladas. Custo Global.

ABSTRACT

The objective of this work is to make a study of the overall cost of ventilated facades systems with ceramic coating used in Fortaleza. Ventiladed facades are an alternative with higher thermo acoustics performance and sustainability, besides it go towards the industrialization of civil construction, but it's necessary to know if their overall cost is lower than the traditional adherent cladding systems. After interviewing, applying questionnaires and consultations in general in construction companies and other that offer that service, comparisons was made between implementation costs of ventilated façade systems (extruded ceramic panels and porcelain tiles), which, as expected, showed that the ventilated facades tend to be more expensive. There was also a comparison between maintenance costs, showing that the ventilated facades have the lowest cost. Finally, the overall cost performance of these systems with time were analyzed and it was found that the ventilated facade system with porcelain tiles became more economical, with a lower overall cost than the adhered facades within 50 years. Thus, this work shows that we should not stick to the implementation cost to analyze the economic feasibility of a system, other factors such as maintenance have to be enrolled in the study in order to have a systemic view of the use of this system.

Keywords: Facade coating. Ventiladed facades. Overall cost.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
1.1	Objetivos.....	10
1.1.1	<i>Objetivo Geral</i>	10
1.1.2	<i>Objetivos Específicos</i>	10
1.2	Estrutura da monografia	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	Fachadas e suas tipologias quanto ao revestimento.....	11
2.2	Fachadas Ventiladas	17
2.2.1	<i>Desempenho das fachadas ventiladas</i>	25
2.2.2	<i>Projeto e Execução</i>	26
2.2.3	<i>Manutenção e Retrofit</i>	28
2.3	Metodologias para escolha da solução para fachada	31
2.4	Análise de custos	32
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
3.1	Detalhamento da Metodologia.....	35
3.2	Coleta de dados.....	38
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
4.1	Custo de implantação.....	45
4.2	Custo de manutenção.....	47
4.3	Custo global.....	49
5	CONCLUSÃO.....	52
5.1	Trabalhos futuros	53
5.2	Considerações Finais	53
	REFERÊNCIAS	54
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NAS EMPRESAS	58
	ANEXO A – EXEMPLO DE FOLHA DE PROJETO DE FACHADA VENTILADA COM CERÂMICA EXTRUDADA	59

1 INTRODUÇÃO

Novas tecnologias surgem em todos os setores econômicos e com uma velocidade impressionante. Na construção civil não poderia ser diferente. A fim de se manterem competitivas, muitas construtoras têm que se adaptar aos sistemas construtivos inovadores como forma de atender a um mercado cada vez mais exigente e consciente de seus direitos (MACIEL, 2013). Almejando uma construção mais produtiva, mais veloz, muitos optam por soluções cada vez mais industrializadas. O sucesso da aplicação desse tipo de solução pode ser comprovado pela montagem de um edifício na China com 57 pavimentos em apenas 19 dias (BROAD, 2015).

A fachada dos edifícios é um exemplo de área de interesse para a utilização desses sistemas inovadores. Elas são um invólucro intermediário entre os meios interno e externo, dando condições para se habitar, que são projetados a fim de satisfazer as necessidades do usuário, tendo uma maior área quanto mais alto for o edifício e podendo vir a ter uma grande importância sustentável dependendo da escolha dos materiais e do sistema construtivo (OLIVEIRA, 2009).

Muitos fabricantes e distribuidores induzem o leigo ao erro quando chamam seus produtos de fachadas, quando na verdade só oferecem a última camada do sistema de vedação externa, o revestimento (SIQUEIRA JÚNIOR, 2003). Da mesma forma, muitos termos acerca desse tema coexistem na literatura, tanto nacional quanto estrangeira, e no mercado, muitas vezes representando um mesmo produto ou indo de encontro às definições, o que dificulta a busca por informações específicas de certo sistema e confunde o pesquisador.

De modo geral, é possível dividir os sistemas de revestimentos de fachada com materiais cerâmicos em dois grandes grupos: os aderidos e os não aderidos. Os revestimentos aderidos são mais tradicionais e dependem da aderência das placas às vedações internas por meio de argamassas feitas *in loco* ou de argamassas colantes industrializadas. Segundo Radoll (2012), conforme os empreendimentos ficam mais altos, conseqüentemente, sujeitos a solicitações maiores, essa aderência fica prejudicada tanto por limitações dos materiais, quanto pelos reduzidos prazos de entrega das obras, o que torna esse tipo de revestimento menos seguro e eficiente. Outro fator que prejudica a logística e a economia do sistema é a necessidade de uma camada de nivelamento para corrigir as imperfeições das vedações verticais e da estrutura do edifício. Todos esses fatores contribuem para o surgimento de variadas manifestações patológicas como infiltrações, descolamentos, eflorescências, fissuras, entre outras (PEZZATO, 2010). Devido à sua função estética e ao fato de se situar na parte

externa dos edifícios, à vista de todos, as manifestações patológicas em fachadas, mesmo que não causem instabilidades estruturais ou riscos de natureza grave, causam desconforto nos usuários e devem ser evitadas ou mitigadas.

Já os revestimentos não aderidos, são montados com uma estrutura auxiliar, deixando uma cavidade entre a vedação vertical e o revestimento. Isto é consoante com um dos 5 pontos da nova arquitetura propostos por Le Corbusier em 1923, que é a fachada livre, onde o revestimento exterior é independente da estrutura, trabalhando com solicitações diferentes e dando maior liberdade artística aos arquitetos, sem comprometer a segurança da estrutura (CORBUSIER, 1923). Os revestimentos não aderidos apresentam várias vantagens sobre o sistema aderido e surgiram para melhorar o desempenho das fachadas, torná-las mais eficientes, mais seguras, aumentar a produtividade, reduzindo os prazos da obra e, por fazer uso da coordenação modular, reduzir o desperdício de materiais (MEDEIROS et al., 2014).

Trabalhos anteriores, como os de Maciel (2013), Sanjuan et al. (2011), Müller (2003), Diarce et al. (2014), Cherecheş et al. (2012), Gorshkov. (2010), entre outros, comprovaram algumas dessas vantagens, como maior velocidade de execução, desempenho termo-acústico superior, entre outros. Mesmo com todas essas vantagens, no Brasil, este é um sistema ainda incipiente. Mesmo assim, percebe-se um descompasso entre a velocidade da implantação do sistema no mercado e a velocidade de pesquisas acadêmicas sobre o assunto (OLIVEIRA, 2009).

Há uma deficiência na literatura brasileira acerca dos sistemas de revestimentos não aderidos de fachada. Nem mesmo normatizados se encontram tais sistemas, o que deixa os construtores ainda mais inseguros quanto ao uso de tal inovação, mesmo com algumas de suas vantagens comprovadas.

Haja vista a problemática supracitada, tem-se que o problema reside no vultoso prejuízo causado pela ineficiência e pela insegurança dos sistemas de revestimento aderidos convencionais de fachada. Os prazos reduzidos para a execução dos empreendimentos aliados aos elevados índices de desperdício de materiais, a demora na execução dos panos de fachada, as manifestações patológicas diversas desse sistema, a grande necessidade de manutenção, e, por fim, os altos custos, fazem com que sejam necessários esforços a fim de propor sistemas alternativos ou de tornar o sistema de revestimentos aderidos mais seguro e eficiente (MACHADO, 2012; RADOLL, 2012).

A deficiência de normas e de referências bibliográficas brasileiras acerca desse sistema não aderido torna este trabalho importante, uma vez que reúne informações de

diversas fontes, nacionais e internacionais, tornando mais claro alguns conceitos até então obtusos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é fazer um estudo do custo global para diferentes sistemas de fachadas ventiladas com revestimento cerâmico usados em Fortaleza.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral é necessário dividi-lo nos seguintes objetivos específicos:

- a) Comparar o custo de implantação dos revestimentos cerâmicos aderidos convencionais e dos não aderidos de fachadas ventiladas;
- b) Comparar o custo com a manutenção dos revestimentos cerâmicos aderidos convencionais e dos não aderidos de fachadas ventiladas;
- c) Avaliar a relação entre o tempo e o custo global para julgar qual a solução construtiva mais econômica a ser adotada.

1.2 Estrutura da monografia

Neste capítulo, consta uma introdução, contendo generalidades, conceitos e outras considerações sobre fachadas, além dos objetivos e da estrutura deste trabalho. No capítulo 2, é onde a revisão feita na literatura se apresenta, mostrando publicações realizadas no âmbito do tema escolhido. O capítulo 3 apresenta os dados, caracterizando os materiais necessários, e apresenta a metodologia usada. O capítulo 4 segue com a apresentação e a análise dos resultados. Por fim, o 5º, e último, capítulo trata das conclusões oriundas da análise do capítulo anterior e traz recomendações para futuros trabalhos que podem vir a ser desenvolvidos relacionados ao tema.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, serão apresentadas as tipologias de fachadas quanto ao revestimento, bem como as metodologias existentes na literatura para a escolha do tipo que mais se adapta ao empreendimento em estudo. Além disso, será dado destaque para as fachadas ventiladas, suas características, desempenho, projetos e usos. Por fim, os fatores de que dependem os custos serão explorados, juntamente com os estudos prévios acerca desse assunto.

2.1 Fachadas e suas tipologias quanto ao revestimento

Segundo Bobadilla (2007), as fachadas têm como principais funções o isolamento da habitação, conferindo proteção contra agentes atmosféricos, a proteção da estrutura do edifício e a estética do empreendimento, servindo como um cartão de visitas da construtora e sendo capaz de influenciar o ambiente urbano em que se insere. De acordo com Medeiros et al. (2014), para ser considerado um sistema de fachada, este deve ter estanqueidade à água, resistência mecânica e ao fogo, conforto termo-acústico e no que diz respeito à iluminação, desempenho estrutural para resistir às diversas ações que o solicitam, beleza e durabilidade.

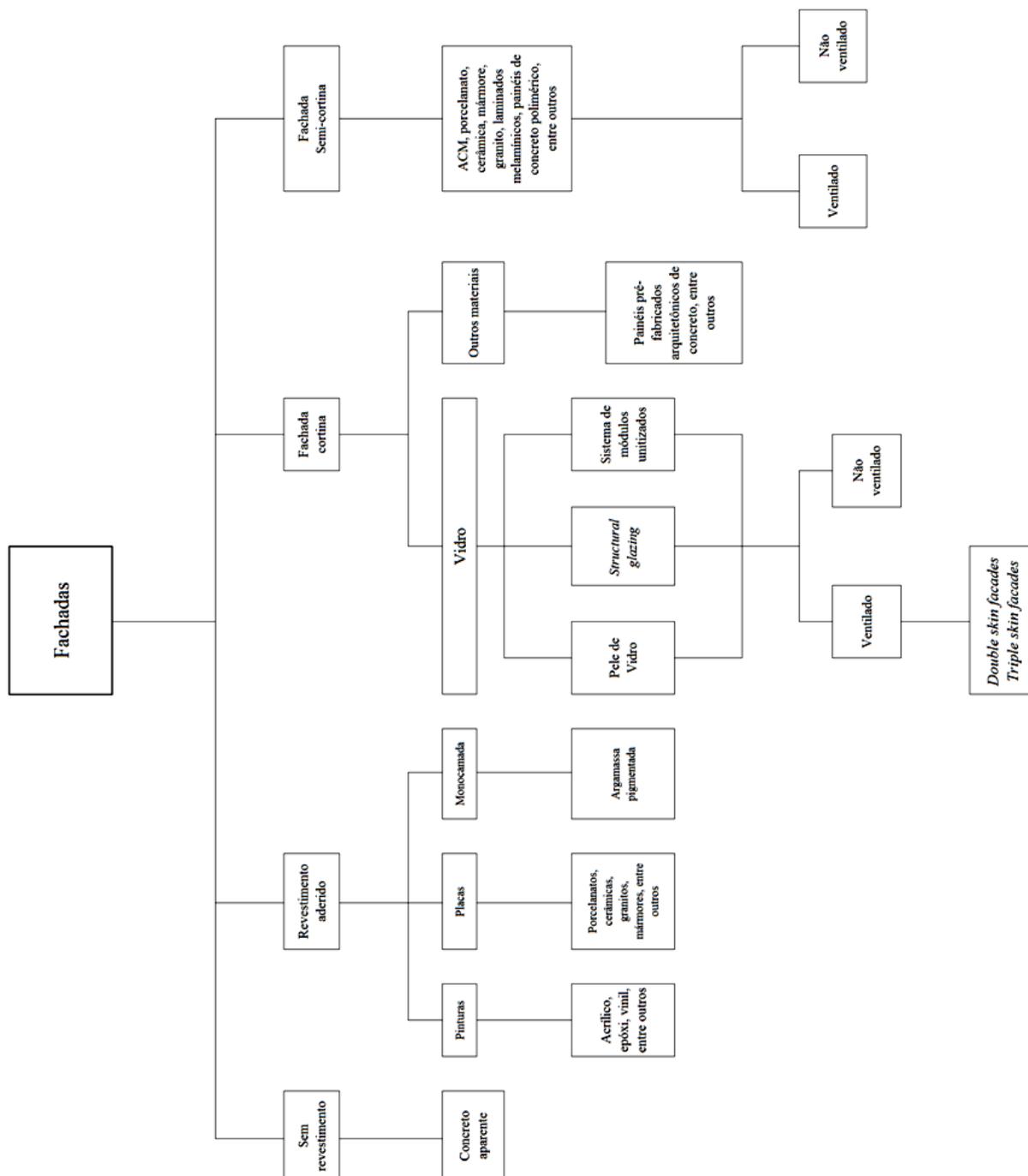
Devido à complexidade das etapas de execução, fachadas são parte do caminho crítico de um empreendimento (SIQUEIRA JUNIOR, 2003). Portanto, há de se modernizar a construção civil a fim de que a execução seja aperfeiçoada. Segundo Sabbatini (1998), essa modernização está se tornando uma necessidade para que as empresas se mantenham no mercado, o que é benéfico para a construção civil como um todo, pois é autoalimentada. Uma das consequências é a industrialização da construção civil, que pode ser resumida por se construir mais, com um melhor desempenho, mas com um menor custo. O segredo para isso é a organização.

As fachadas dos edifícios são compostas por vedações verticais, podendo conter ou não revestimentos. Segundo Siqueira Junior (2003), tais revestimentos têm a função de proteger as vedações das intempéries ou quaisquer outros agentes que possam danificá-las, evitando que elas percam sua função antes do tempo planejado, aumentando sua durabilidade e, conseqüentemente, diminuindo seu custo de manutenção.

Fachadas podem ser divididas em fachadas cortina, semi-cortina, fachadas sem revestimento e fachadas com revestimento aderido, conforme pode ser observado no diagrama

da Figura 1 (MEDEIROS et al., 2012; MÜLLER, 2003; OLIVEIRA 2009; SIQUEIRA JUNIOR, 2003; VEDOVELLO, 2012):

Figura 1 - Diagrama das tipologias de fachadas.

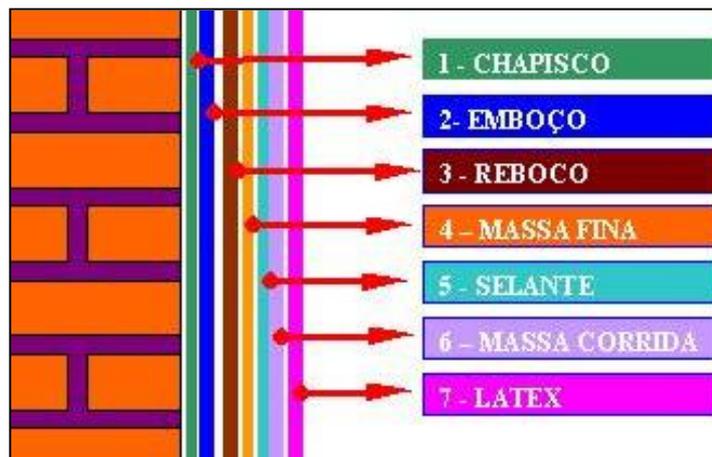


Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Fachadas sem revestimento, como nas estruturas de concreto aparente, são aquelas onde as vedações verticais já possuem um acabamento aceitável para a estética do edifício. Elas surgiram juntamente com o próprio concreto armado, no início do século 20, e foram muito utilizadas nas décadas de 1960 e 1970 (CAMPOS, 2009).

As fachadas com revestimentos aderidos podem ser divididas em pinturas, monocamadas e placas aderidas. Segundo Santos (2012), as pinturas dão às estruturas proteção, uma vez que impermeabilizam em parte o substrato, e estética. Para ser usado, deve existir uma vedação vertical no local, que leve ser nivelada e preparada para receber a pintura (Figura 2).

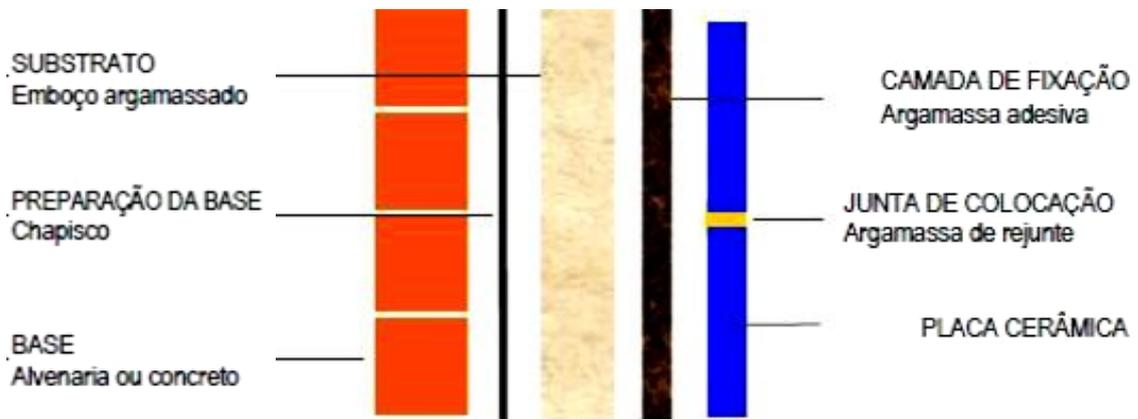
Figura 2 - Camadas de uma fachada com pintura como revestimento.



Fonte: Adaptado de Ebanataw (2015)

Assim como a pintura, os revestimentos com placas aderidas também necessitam de uma vedação vertical nivelada (Figura 3). Podem ser usadas placas pétreas, cerâmicas, entre outras. Santos (2012) e Branco (2010) discorrem sobre as vantagens de cada tipo de placa, ambos mais duráveis do que uma pintura. Essas placas devem ser assentadas com argamassas colantes industrializadas, ou feitas na própria obra, o que pode gerar certa variabilidade, perdas e afetar o prazo da obra. Além disso, como são aplicadas manualmente, têm elevada dependência de mão de obra (SALGADO, 2013).

Figura 3 - Camadas de um revestimento cerâmico aderido.



Fonte: Adaptado de Medeiros (1999).

As monocamadas, ao contrário dos dois sistemas acima, não necessitam de uma preparação da vedação vertical e já apresentam a pigmentação desejada. Salgado (2013) define tal sistema como uma camada, independente de sua espessura, que serve como material de enchimento e como acabamento, concomitantemente. Assim como as argamassas colantes industrializadas, as monocamadas vêm em sacos e, para serem usados na obra, basta adicionar a quantidade de água especificada e aplicar na superfície desejada. Podem ser aplicadas manualmente ou com o auxílio mecânico, sendo projetadas na vedação vertical e, em seguida, é feito o acabamento desejado.

As fachadas cortinas são fachadas onde as vedações verticais são acopladas à estrutura a fim de criar um sistema que isola o ambiente interno e já possui acabamento, não sendo necessário revestimento, o que, por si só, define a estética do empreendimento. Segundo Siqueira Júnior (2003), por estarem contempladas na norma brasileira de janelas (ABNT NBR 10821), as fachadas cortina são muitas vezes confundidas com as fachadas de vidro, mas existem outros materiais que podem ser empregados nesse tipo sistema. Painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto, como mostra Oliveira (2002), são uma opção de fachadas cortina sem o uso do vidro (Figura 4).

Figura 4 - Painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto.



Fonte: Arcoweb (2015)

Esse tipo de fachada pode ser subdivido como ventilado e não ventilado, cada subdivisão contendo várias soluções construtivas. Um exemplo de sistema ventilado, como abordado por Mazzarotto (2011), são as fachadas duplas de vidro (Figura 5), onde são colocados pelo menos duas membranas entre o meio interno e o externo deixando um espaço de 20 cm a 2 metros para a circulação de ar.

Há, ainda, um sistema de fachadas triplas de vidro, mais usadas na Europa para controlar as mudanças de temperatura no interior das edificações, tanto no verão, quanto no inverno. Cada painel também pode ter vidros duplos ou triplos para um melhor isolamento térmico (MAZZAROTTO, 2011).

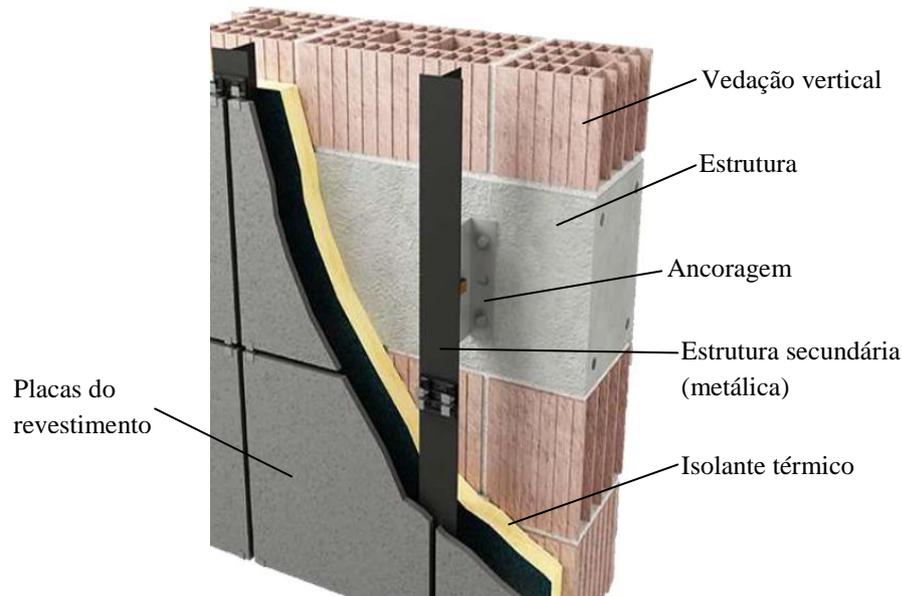
Figura 5 - *Double skin facade*.



Fonte: Architectueau (2015)

Por fim, tem-se as fachadas semi-cortinas. Segundo Oliveira (2009), esses sistemas são compostos por um revestimento externo à estrutura e uma vedação vertical interna entre pavimentos (Figura 6). O revestimento é ligado por meio de uma estrutura secundária, normalmente em alumínio, ou de inserts metálicos, ligados diretamente na estrutura.

Figura 6 - Fachada semi-cortina.



Fonte: Adaptado de Portobello (2014)

Semelhante às fachadas cortinas, esse tipo de fachada também pode ser dividido em fachadas ventiladas e não ventiladas. Nas ventiladas, são deixadas aberturas entre as placas e nas extremidades dos panos de fachada a fim de que o ar possa circular, aumentando o conforto térmico no interior da edificação e, praticamente, eliminando problemas higroscópicos.

Diversos tipos de materiais podem ser empregados como revestimento em fachadas com essa tipologia, sendo um sistema muito versátil. Porcelanatos, granitos, painéis de alumínio composto (ACM), laminados melamínicos, painéis de concreto polimérico e mármore são exemplos desses materiais.

Ainda segundo Medeiros *et al.* (2014), as fachadas semicortinas são mais vantajosas do que as fachadas com revestimentos aderidos tradicionais, pois têm uma elevada produtividade, devido ao seu nível de pré-fabricação, não apresentam muitas manifestações patológicas relacionadas umidade, trincas e deslocamentos por movimentação térmica e estrutural. Além disso, têm um nível de desperdício baixo, pois usam a coordenação modular,

apresentam alto nível de manutenibilidade, pois cada peça pode ser trocada com facilidade, e um maior conforto termo-acústico.

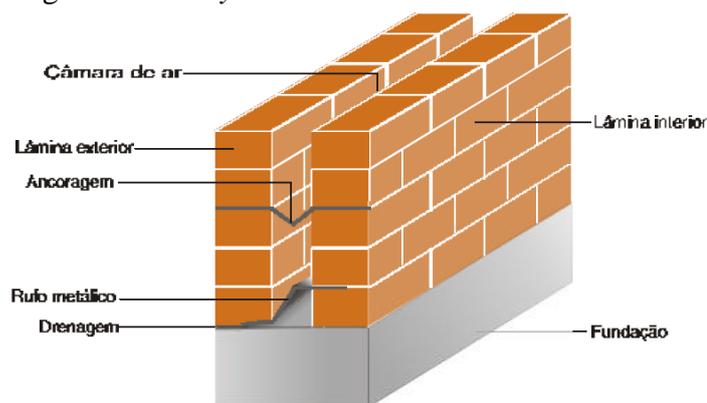
Cada projeto de fachada, por depender de diversos fatores inerentes ao local e à posição em que o empreendimento se encontra, estão migrando para soluções cada vez mais customizadas, e não uma simples aplicação dos sistemas construtivos padronizados (MEDEIROS et al., 2014).

2.2 Fachadas Ventiladas

No âmbito das fachadas ventiladas, a dissertação de Siqueira Junior (2003) foi um trabalho acadêmico de suma importância, que serviu para balizar grande parte dos trabalhos subsequentes. Nela, o estado da arte do sistema é discutido, sendo um dos primeiros a abordar o assunto no Brasil. O trabalho comenta desde a caracterização do sistema, seguido por diretrizes de projeto, escolha dos chumbadores, cálculo da ventilação e da estrutura secundária, finalizando com montagem e controle de execução.

Segundo o autor, as fachadas ventiladas tiveram sua origem nas fachadas com paredes duplas, as *Cavity Walls* (Figura 7), que estão contempladas na norma de desempenho (ABNT NBR 15575 (2013)), mas, conforme os prédios foram ficando mais altos, era mais difícil garantir a estabilidade da parede externa.

Figura 7 - *Cavity Wall*.



Fonte: Siqueira Júnior (2003).

Com o advento da crise energética da década de 1970, novas tecnologias foram criadas na construção civil, enquanto outras, aperfeiçoadas. Foi nesse período que as fachadas ventiladas nos moldes atuais surgiram na Europa para aumentar a eficiência energética e reduzir problemas higroscópicos.

Esses sistemas são compostos pelas vedações verticais, usualmente, em alvenaria, camadas opcionais de impermeabilização e isolamento térmico, uma estrutura secundária, que costuma ser perfis de alumínio, com ancoragens que permitem o ajuste para corrigir os desníveis da estrutura, os revestimentos cerâmicos e as estruturas que os acoplam nos perfis. Esse acoplamento pode ser aparente ou oculto, conforme a Figura 8.

Figura 8 - Sistemas de acoplamento aparente e oculto.



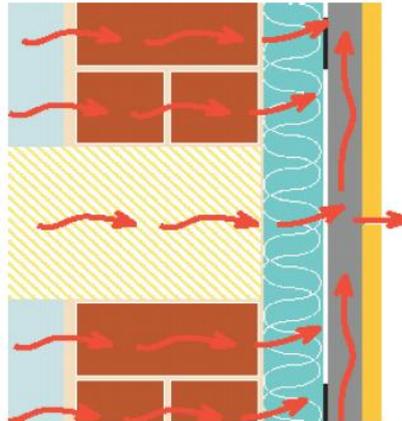
Fonte: Adaptado de Mirage.it (2015).

É comum o uso de porcelanato para o sistema de acoplamento aparente e a cerâmica extrudada para o oculto. Outro fator importante a ser considerado é a compatibilidade entre os materiais empregados na estrutura secundária. Se a escolha for feita sem cuidado, pode gerar uma pilha galvânica e comprometer seu desempenho estrutural. Além disso, não é costume no Brasil o uso de sistema de aquecimento, principalmente no Nordeste, dessa forma, pode-se omitir a camada de isolante térmico, que é mais usado na Europa (MEDEIROS et al., 2014; OLIVEIRA, 2009).

Segundo Medeiros et al. (2014), o afastamento típico entre o revestimento cerâmico e a vedação varia entre 10 cm e 20 cm. Esse espaçamento deve ser bem dimensionado, pois, se for menor do que o necessário, pode acumular água, e, se for maior, pode fazer com que as placas do revestimento colapsem devido à pressão gerada pela passagem do ar em altas velocidades.

O espaço deixado entre as placas dos revestimentos permite que o fenômeno da capilaridade seja interrompido e que a água fique livre para escorrer por gravidade. Estudos na Alemanha mostram que somente 1% da água das chuvas consegue ultrapassar a cavidade entre o revestimento e a vedação, quantidade que facilmente é barrada pela camada de impermeabilização. Além disso, a passagem do ar elimina parte da condensação oriunda do interior do edifício conforme a Figura 9 (MOURA, 2009; SIQUEIRA JÚNIOR, 2003).

Figura 9 – Eliminação da Condensação interna.

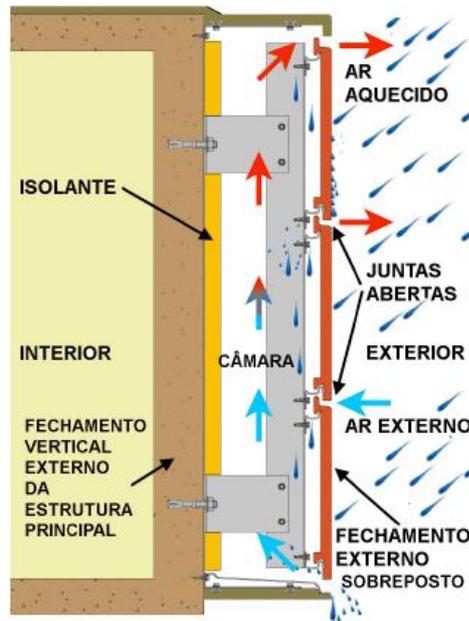


Fonte: Sciuto [2011?]

Moura (2009) comenta que a forma como os revestimentos são acoplados dá liberdade para cada placa dilatar segundo seus próprios coeficientes, não causando tensões térmicas adicionais, que poderiam causar danos na fachada. Com isso, esse tipo de fachada necessita de intervenções menos frequentes, sendo indicado para edifícios comerciais, hotéis, faculdades, entre outros que precisem diminuir o custo com refrigeração.

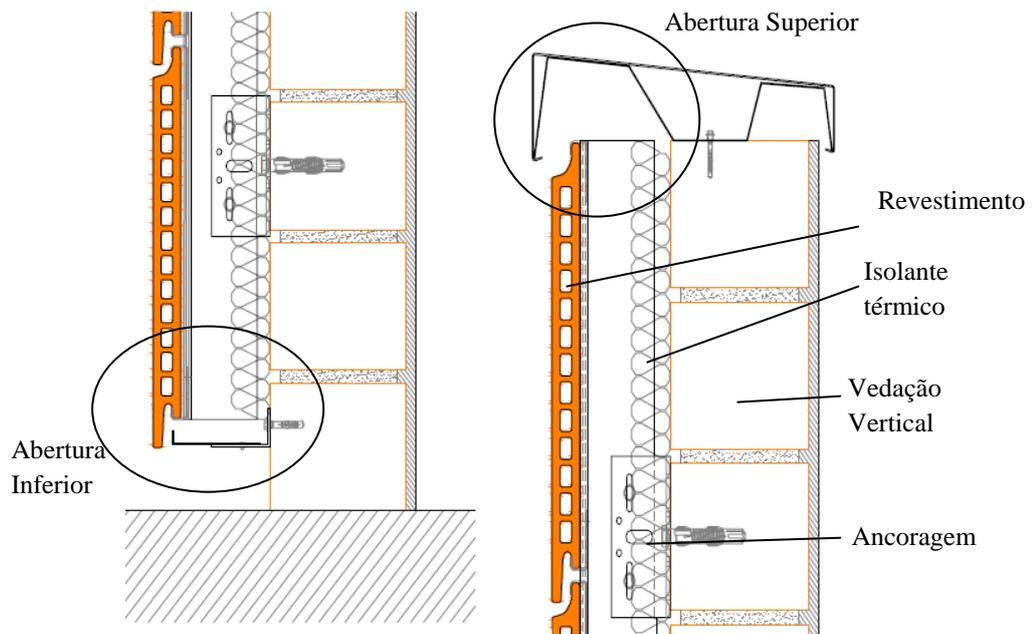
A característica mais marcante das fachadas ventiladas é o efeito chaminé, que consiste na renovação do ar existente na cavidade entre o revestimento e as vedações verticais (Figura 10). Esse processo pode ocorrer por convecção térmica, por pressão dos ventos incidentes na fachada ou, dependendo da necessidade da edificação, por meios artificiais (MACHADO; OLIVEIRA, 2012; MEDEIROS et al. 2014; RADOLL, 2012). Para que ele ocorra, alguns detalhes devem ser feitos na fachada, como aberturas nas extremidades dos panos de fachada, conforme a Figura 11. Esses detalhes devem ser bem calculados para que as pressões do vento não interrompam o fluxo convectivo. Essa circulação de ar serve tanto para diminuir a temperatura interna no verão, quanto para estocar parte do calor no inverno (SIQUEIRA JÚNIOR, 2003). Silva et al. (2012) mostraram que o efeito chaminé é maior quanto maior for a radiação solar e menor a temperatura do ar externo, indicando o uso da fachada ventilada para regiões com climas quentes, onde a demanda por refrigeração é grande. Para evitar que os pavimentos superiores fiquem mais quentes que os inferiores nos períodos mais quentes do ano, Müller (2002) recomenda interromper o fluxo convectivo em alguns pontos ao longo da fachada, compartimentando-a em células menores (Figura 12).

Figura 10 – Efeito chaminé.



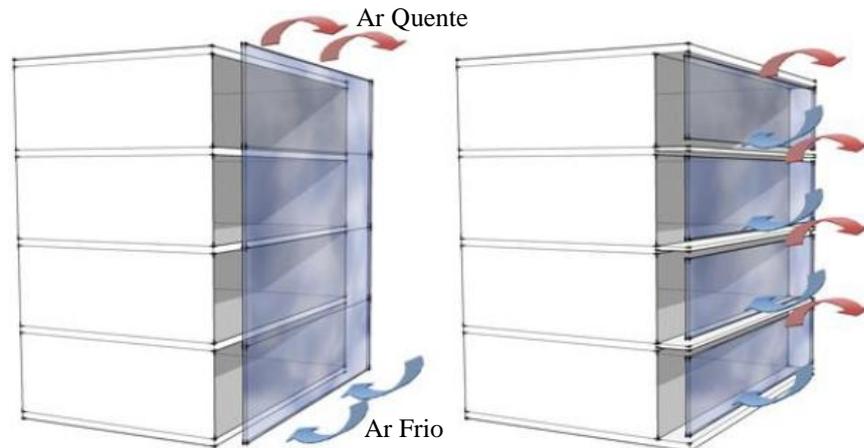
Fonte: Machado; Oliveira (2012).

Figura 11 – Detalhe das aberturas abaixo e acima dos panos da fachada.



Fonte: Adaptado de Cunha (2006).

Figura 12 – Compartimentação da fachada ventilada.



Fonte: Adaptado de Mazzarotto (2011).

Como vantagens do sistema, pode-se citar um melhor desempenho termoacústico e higroscópico, uma menor dependência da habilidade do operário, menor suscetibilidade à ocorrência de manifestações patológicas, menos etapas de controle e recebimento dos insumos e da produção, facilidade na manutenção, minimização dos efeitos da dilatação térmica da estrutura, diminuição das pontes térmicas, maior sustentabilidade (menos insumos, construção com bem menos água e menor gasto com ar condicionado), elevada produtividade na montagem (possibilidade de usar placas maiores, reduzindo em até 4 meses o prazo de construção), possibilidade de uso da cavidade para alojar parte das tubulações (hidrossanitárias, elétricas, hidráulicas, entre outras), e, como mostrado na Figura 13, permite a composição de diversos materiais ao longo da fachada (BRANCO, 2010; MEDEIROS et al., 2014; SIQUEIRA JÚNIOR, 2003).

Figura 13 – Fachada composta por diversos materiais.

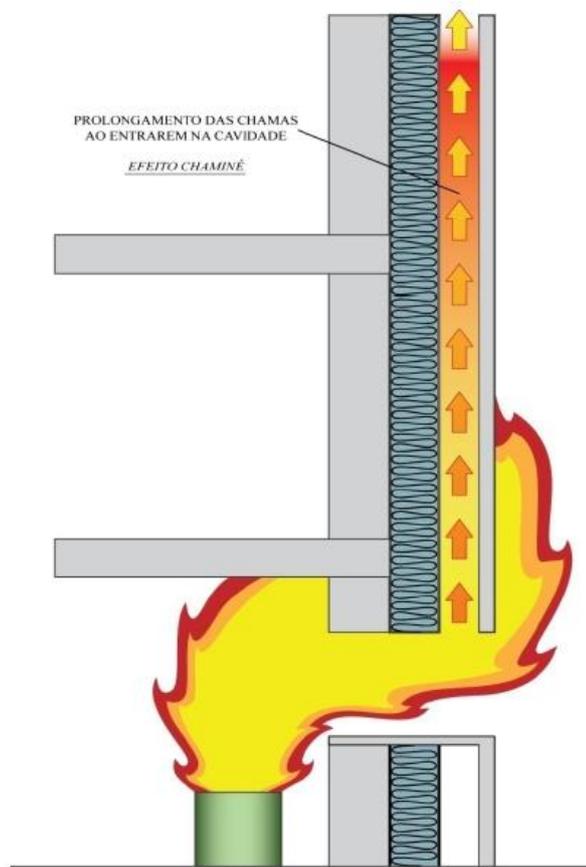


Fonte: Catálogo Portobello (2014).

Já como desvantagens, tem-se o aumento da espessura da fachada, que pode entrar em conflito com recuos ou algo semelhante, custo inicial elevado, a paginação tem que ser muito mais criteriosa para que o acabamento fique aceitável, os arremates são mais difíceis de fazer, principalmente ao redor de aberturas (contramarco de esquadrias, entre outros), está mais sujeito ao vandalismo e, se não for devidamente compartimentado, pode estar propenso à propagação das chamas durante um incêndio (MACHADO, 2012; NEMOV, 2010).

Direito (2011) disserta sobre a propagação das chamas oriundas de incêndios nas fachadas ventiladas. As propriedades geométricas desse tipo de fachada, que trás todos os benefícios conhecidos, é também o que facilita a propagação das chamas (Figura 14). Devido à convecção, natural desses sistemas, há um fornecimento contínuo de comburente (oxigênio presente no ar), que faz com que haja uma rápida expansão do incêndio, pela via de fácil acesso criada pelo afastamento entre a vedação vertical e o revestimento, propagando-o a grandes distâncias do foco original e podendo, inclusive, causar o colapso do sistema (DIREITO, 2011).

Figura 14 – Propagação das chamas em uma fachada ventilada.



Fonte: Martins (2009).

Um incêndio ocorrido em 2009, no 17º andar de um edifício com 31 pavimentos, em Moscou, fez com que o fogo se propagasse por toda a fachada, até o telhado (Figura 15). Tais efeitos podem ser minimizados com a interrupção do ciclo convectivo e com o uso de barreiras contra o fogo de aço inoxidável, alumínio ou materiais expansivos, que devem ser colocados próximos aos pontos vulneráveis, como janelas, mas os materiais constituintes da fachada são uns dos fatores principais para a propagação das chamas. Durante um incêndio, as partes mais afetadas são as estruturas metálicas onde o revestimento está acoplado (Figura 16). Elas sofrem perdas de resistência local e podem se deformar e comprometer o desempenho estrutural da fachada, fazendo com que as placas se desprendam (NEMOV, 2010; SIQUEIRA JÚNIOR, 2003).

Figura 15 – Incêndio em Moscou (2009).



Fonte: Nemov (2010).

Figura 16 – Estrutura metálica após incêndio.



Fonte: Direito (2011).

Ainda no quesito segurança, Siqueira Júnior (2003) comenta que normas estrangeiras (como a UNI 11018: 2003) recomendam o uso de uma tela colada no tardo das placas (Figura 17). Com isso, em uma eventual fratura, as placas não se desprenderiam, o que diminui o perigo para os transeuntes.

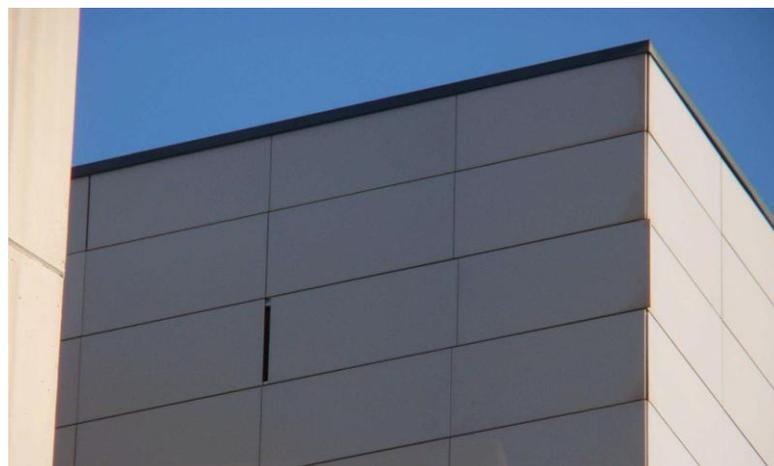
Figura 17 – Tela de segurança colada no tardo de uma placa.



Fonte: Catálogo Butech (2014).

Segundo Ribeiro (2010), as manifestações patológicas das fachadas ventiladas não costumam ser graves, sendo inerentes, na maioria das vezes, a uma execução deficiente ou a uma escolha inadequada por parte dos projetistas, e não às características do próprio sistema. As mais recorrentes são as quebras dos cantos, onde há os inserts metálicos, os eventuais deslocamentos, usualmente por erro de projeto ou execução, as placas desalinhadas e a movimentação das placas (Figura 18), quando não travadas com elementos especiais nas extremidades dos panos, devido à dilatação desigual entre elas (AQUINO, 2014; BOBBADILA, 2007; DIREITO, 2011).

Figura 18 – Movimentação das placas pela dilatação.



Fonte: Aquino (2014).

No Brasil, principalmente em empreendimentos comerciais, é comum o uso de revestimentos não aderidos, porém, sem ventilação. Há alguns empecilhos para a utilização das fachadas ventiladas no Brasil. A ausência de normas específicas, a falta de mão de obra treinada e da organização necessária, os custos superiores (normalmente alguma parte é importada, pois ainda não se tem fábricas especializadas), a falta de conhecimento da tecnologia e detalhamento pelos escritórios e a cultura são alguns deles (MACHADO, 2012). Kondo (2003) ressalta que é comum o uso de fachadas com revestimentos argamassados na região metropolitana de São Paulo, enquanto na região litorânea dá-se preferência a revestimentos cerâmicos. Isso não é por acaso, segundo Medeiros; Sabbatini (1999), o Brasil tem um clima favorável ao uso de revestimentos cerâmicos nas fachadas devido à durabilidade e o desempenho oferecido por eles frente ao calor e à umidade. Em cidades litorâneas, como Fortaleza, seu uso está tão difundido que se tornou um padrão de qualidade. No Nordeste, se tornou quase que um item obrigatório (MEDEIROS, 2012).

2.2.1 Desempenho das fachadas ventiladas

No Brasil, a norma que aborda o desempenho das edificações é a ABNT NBR 15575 (2013). Mais especificamente, sua parte quatro, comenta sobre o desempenho das vedações verticais internas e externas. Nela, há ensaios para aferir a estanqueidade, o isolamento termoacústico, a resistência da estrutura (impacto de corpos mole e duro), a resistência ao fogo, a manutenibilidade, entre outros, mas não há nada específico para fachadas ventiladas (MEDEIROS et al., 2014; SIQUEIRA JÚNIOR, 2003).

Segundo Medeiros (2014), os dois pontos principais do desempenho estrutural são as ancoragens e a capacidade de suportar o peso e as cargas de pressão dos ventos. Em seu trabalho, Alarcon; Müller (2005) focaram seus estudos na fixação das placas e nas consequências dela na manutenção de sua integridade, adaptando os sistemas de fixação estrangeiros para o uso no Brasil. Em dois anos de observação em escala real, não foi constatada nenhuma manifestação patológica.

As pesquisas sobre o desempenho termoacústico e higroscópico seguem dois ramos: um deles se concentra na elaboração e validação de modelos matemáticos que expliquem os fenômenos reais, e o outro, no teste experimental das hipóteses sobre o desempenho das fachadas ventiladas. Balocco (2002) criou um modelo matemático para simular o desempenho térmico. Como resultado, percebeu que a partir de 7 cm de afastamento

do revestimento já há efeitos atenuadores de temperatura. Entre 10 e 15 cm, tal efeito é considerável, mas acima disso se estabiliza, chegando a 27,5% de redução aos 35 cm. Diarce et al. (2014) desenvolveram um modelo computacional de dinâmica dos fluidos para ser usado em regimes turbulentos da passagem do ar durante o efeito chaminé. Esse modelo foi validado com experimentos em escala real, mas estudos são necessários para verificar se o modelo é eficaz para regimes com baixa turbulência. Já Van Belleghem et al. (2015), criaram um modelo que simula o transporte de umidade em fachadas ventiladas.

Silva et al. (2012) testaram em condições reais durante um ano a eficácia energética de uma fachada ventilada, validando um modelo semelhante aos supracitados, que simulava o comportamento da fachada, variando sua orientação e condições climáticas. Com isso, ratificaram a melhora do desempenho energético ao utilizar um sistema ventilado em vez de um com juntas fechadas. De forma semelhante, Cherecheş et al. (2012), Mazzarotto (2011), Sanjuan et al. (2011), Haase et al. (2009) e Müller (2003) fizeram validações de modelos ou comparações com outros sistemas, mas sempre chegando à mesma conclusão de que fachadas ventiladas realmente têm grande capacidade de redução do pico de calor e são de grande ajuda para economizar com a climatização de ambientes em verões quentes ou invernos brandos.

Diarce et al. (2013) mostram que a eficácia energética das fachadas ventiladas pode melhorar ainda mais com o uso de revestimentos especiais, como os *phase change materials* (PCM), que absorvem parte da radiação para mudança de fase, o que faz com que o efeito chaminé continue, mesmo quando a intensidade da radiação solar diminuir. Esse efeito também pode ser usado para aquecer o interior da edificação durante o inverno.

2.2.2 Projeto e Execução

Para se elaborar um projeto de fachada ventilada, deve-se ter uma visão sistêmica, havendo a comunicação entre os projetistas de fachada, de estruturas e outros, desde a concepção, a fim de compatibilizar as soluções e integrar projeto e produção. Só assim pode-se obter sucesso técnico, financeiro e mercadológico. No entanto, o que costuma ocorrer é a elaboração de cada projeto separadamente, em etapas de construção distintas e muitas vezes como projetos complementares, não havendo trocas de experiências e subsídios suficientes entre os projetistas das diversas áreas. Por isso, é importante uma boa gestão de projetos (ALENCASTRO, 2006; SABBATINI, 1998; SIQUEIRA JÚNIOR, 2003; VEDOVELLO, 2012).

Cada pavimento deve ser projetado individualmente, com uma modulação correta, alinhando perfeitamente as placas com as molduras das aberturas, painéis de vidro e possíveis juntas, diminuindo desperdícios. Importante dar atenção, na subestrutura auxiliar, às áreas de pressão e sucção, principalmente nos cantos, fazendo sempre ensaios de arrancamento nos chumbadores, que não podem ser usados em tijolos sem preenchimento. Outra preocupação com essas estruturas metálicas (principalmente o alumínio), que, quando sujeitas a cargas oscilantes, devido aos ventos, podem falhar por fadiga, com cargas bem inferiores as de ruptura, por isso, o espaçamento entre os chumbadores deve ser bem dimensionado (MACHADO; OLIVEIRA, 2012; MEDEIROS, 2012; NEMOV, 2010; SIQUEIRA JÚNIOR, 2003).

Segundo Nemo (2010), as cavidades, por onde passa o ar, devem ser bem dimensionadas, pois, se o ar não tiver velocidade suficiente, podem ocorrer infiltrações e não reduzir a temperatura como esperado. Por outro lado, se o ar for muito veloz a vibração causada pode gerar sons semelhantes a assovios ou apitos, incomodando o usuário. Considerando o efeito dos ventos, o número de apoios é calculado com base na resistência da estrutura metálica e das placas em si (CAMPOS, 2011).

Boa parte dos problemas em fachadas ventiladas quanto à segurança e à durabilidade ocorrem durante a execução, mas podem ser mitigados melhorando a qualidade dos projetos. Para isso, não se pode dar liberdade para decisões na etapa de execução, pois elas não costumam ter uma visão sistêmica. Tudo tem de estar definido em projeto. Quanto mais detalhado ele for, menor a probabilidade de erro na execução e melhor o desempenho da fachada como um todo. Para se produzir com a máxima eficácia, deve-se haver um projeto de execução, pois projetos usualmente mostram o que se deve fazer, mas não como fazer. Construir com qualidade é inversamente proporcional a reduzir prazos e custos, por isso o projeto de execução otimiza o processo antes de seu início (MEDEIROS, 2014; OLIVEIRA, 2009; SABBATINI, 1998).

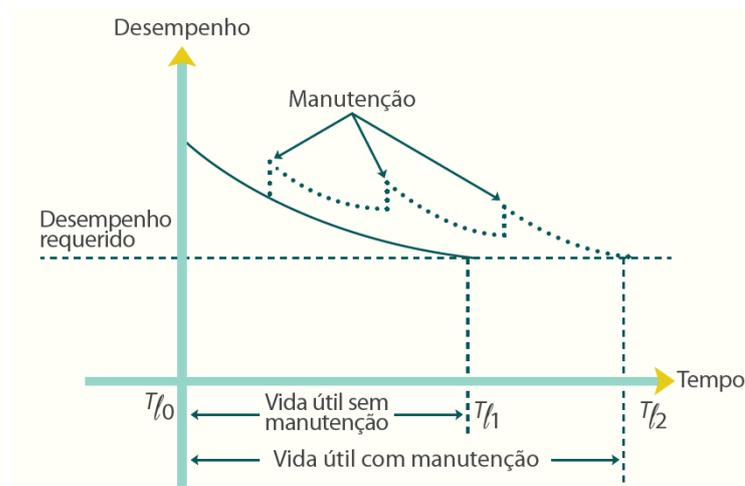
Segundo Machado (2012), as fachadas ventiladas costumam ser vendidas como uma solução construtiva, envolvendo, por um único preço, projeto, planejamento, fabricação, controle de qualidade, gestão, montagem, assistência técnica e responsabilidade integral. Sabbatini (1998) comenta que muitas tecnologias surgem, mas são executadas com a mesma mentalidade das tecnologias anteriores ou não são adaptadas para a realidade local, fazendo com que existam casos de insucessos que ficam associados à tecnologia, quando na verdade

foi um erro de execução ou de compatibilização, fortalecendo a cultura anterior e prejudicando a evolução de sistemas inovadores. Outro ponto são as placas vendidas no Brasil, que são menores, requerendo mais elementos na estrutura secundária, aumentando o custo, e, quanto menor as dimensões do revestimento, menor a produtividade. (MOURA, 2009; SIQUEIRA JÚNIOR, 2003).

2.2.3 Manutenção e Retrofit

Toda estrutura possui uma vida útil de projeto (VUP) e é concebida com um desempenho máximo. No entanto, na medida em que alguns elementos vão se desgastando, o desempenho dessa estrutura tende a cair. Caso não sejam feitas intervenções, a vida útil (VU) da estrutura atingirá o mínimo aceitável muito antes do planejado. Portanto, conforme a Figura 19, extraída na parte 1 da ABNT NBR 15575 (2013), é importante que se façam manutenções preventivas regulamente a fim de alongar a vida útil da estrutura.

Figura 19 – Desempenho x tempo.



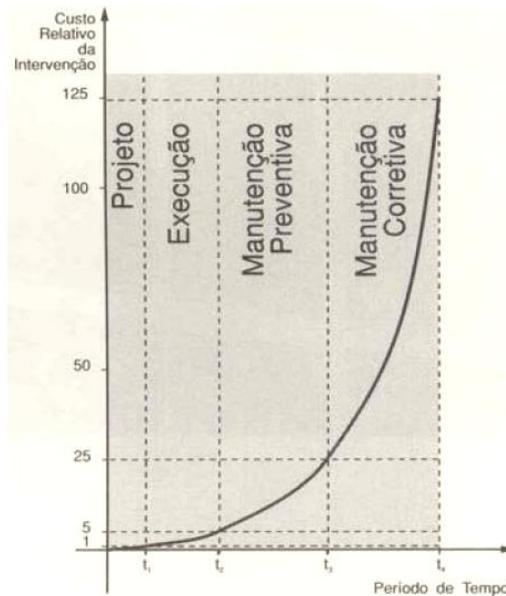
Fonte: ABNT NBR 15575-1 (2013).

Mazzarotto (2011) reforça que essas pequenas intervenções são importantes, mas que não evitam grandes reformas em um período logo de tempo. Estudos como os de Mendes (2009) e Maciel (2013) mostram que alguns elementos das fachadas ventiladas podem vir a ter VU inferiores ao mínimo para a edificação, segundo a norma de desempenho supracitada, portanto, precisam ser substituídos ou reformados.

Oliveira (2011) comenta que não se deve protelar uma manutenção, pois, quanto mais tempo se passar, mais caro a reforma será. Isso vai ao encontro da Lei dos Cinco de

Sitter (1984), que mostra que os gastos com uma intervenção crescem como uma progressão geométrica de ordem 5 (Figura 20), comprovando a importância de uma visão holística durante a fase de projeto para que não se tenha que modificar algo posteriormente. Ele ainda mostra a importância de uma boa gestão do edifício, sempre observando os manuais de manutenção e utilização, que os projetistas devem ceder aos usuários.

Figura 20 – Lei dos Cinco.



Fonte: Sitter (1984).

As fachadas ventiladas têm elevado grau de manutenibilidade devido à forma como são montadas. Dependendo do tipo de acoplamento, a troca de placas pode ser bem simples, bastando trocar a peça danificada, como mostra a Figura 21. No entanto, em outras tipologias, é necessário retirar toda uma fileira para efetuar a troca (RADOLL, 2012).

Figura 21 – Procedimento de substituição.



Fonte: Catálogo Terreal [s.d.].

Como são mais suscetíveis ao vandalismo ou acidentes, quebras eventuais podem ocorrer, principalmente até dois metros de altura. Outro ponto de quebra comum são os arremates, locais onde costumam se concentrar os desgastes (OLIVEIRA, 2011).

Quando uma fachada está condenada e manutenções não são mais suficientes para devolver à fachada o desempenho necessário, tem que ser feito uma revitalização ou *retrofit* (Figura 22). Segundo Mazzarotto (2011) e Oliveira (2009), o *retrofit* é usado quando um empreendimento atinge sua obsolescência funcional ou física. Ele tem a capacidade de aumentar o valor de um empreendimento, modificar padrões estéticos (modernizando-o), de conforto ou energético. Segundo Siqueira Júnior (2003), eles são antieconômicos quando uma grande quantidade de cortes e detalhes são necessários, tornando-se um contrassenso em montagens industrializadas.

Figura 22 – Exemplo de *retrofit*.



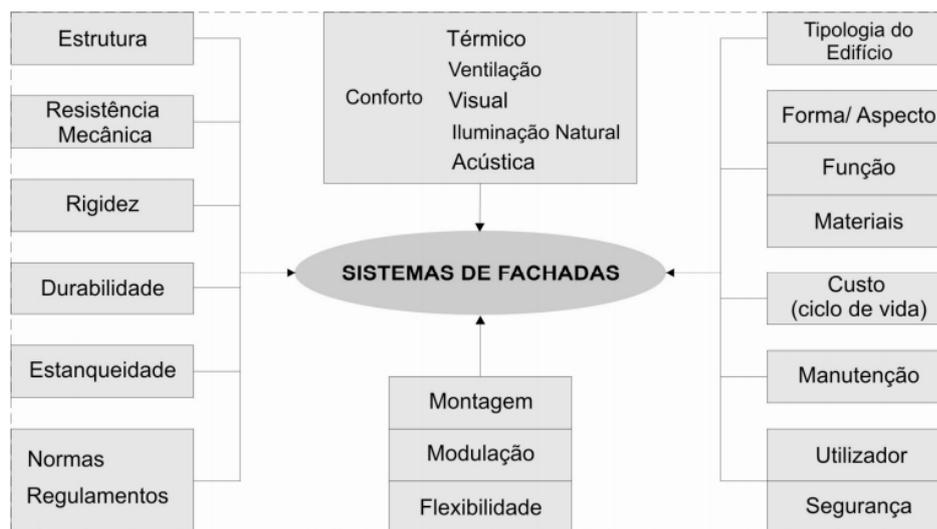
Fonte: Aquino (2014).

Para *retrofits*, as fachadas leves, como as semi-cortinas, são as mais indicadas, pois não interferem de forma significativa na estrutura e nas fundações já construídas e têm uma montagem rápida e fácil, com poucos prejuízos ao entorno da obra, podendo ser montadas por cima do revestimento antigo. Esse tipo de fachada é muito utilizado em revitalizações na Europa, justamente por boa parte das obras serem de reformas para modernizar edificações antigas. Caso a fachada tenha uma importância cultural, como é comum na França, é possível fazer a renovação sem alterar os padrões arquitetônicos (MACHADO, 2012; MAZZAROTTO, 2011; OLIVEIRA, 2009; SIQUEIRA JÚNIOR, 2003).

2.3 Metodologias para escolha da solução para fachada

Com o advento das diversas soluções inovadoras para fachadas, se faz necessário o uso de uma metodologia que permita escolher o sistema que mais se adequa ao empreendimento em questão. A Figura 23 ilustra diversos fatores que devem ser considerados para a escolha de um sistema de fachada.

Figura 23 – Fatores para a escolha de um sistema de fachada.



Fonte: Sacht et al. (2012).

Medeiros (1999), em sua tese, utiliza um método onde são atribuídos pesos em categorias diversas, mas que são importantes para o desempenho da fachada. Como exemplo, pode-se citar manutenibilidade, facilidade de construção, aspectos estéticos, cadeia de suprimentos, contratação e desempenho global. Ao final, o sistema que atingir a maior pontuação é o escolhido.

Kondo (2003) comenta que, além dos fatores mostrados na Figura 23, deve-se levar em consideração a cultura, a tradição do local. Em seu trabalho, expande a metodologia utilizada por Medeiros (1999), incluindo outros tipos de revestimento. Ela comprova, com a aplicação de sua metodologia, que os revestimentos cerâmicos são os mais indicados para o Nordeste.

A dificuldade das duas metodologias supracitadas está na necessidade de um especialista na área para julgar os pesos de cada critério. Sendo assim, Gondim (2007) criou uma metodologia para aperfeiçoar as anteriores por não depender da participação desses especialistas. Seu método foi calibrado para as características de Fortaleza, pois utiliza

critérios das construtoras do local, sendo validada e aprovada pelos atuais tomadores de decisão. Segundo o autor, dentre os critérios, além dos já mencionados em outras metodologias, as construtoras costumam considerar a tendência de mercado, o padrão do empreendimento, a susceptibilidade a manifestações patológicas e a satisfação do cliente.

Medeiros (2012) adapta o método de sua tese em 1999 para a escolha entre diversos tipos de fachadas ventiladas. Radoll (2012) fez um comparativo entre fachadas ventiladas com revestimentos de cerâmica extrudada, granito e porcelanato, sendo este o mais leve, e levou em conta a cadeia de suprimentos. Como resultado, concluiu que a mais indicada para o empreendimento era a cerâmica extrudada.

A autora também propõe uma categoria relacionada à ruptura das placas, que se encaixaria na manutenção, acarretando custos adicionais. Outra proposta é a subdivisão da categoria de desempenho global em partes específicas como resistência a incêndio, atenuação termo acústica, segurança, entre outros. Como é de se esperar, os pesos utilizados por Radoll (2012) em Porto Alegre foram diferentes dos pesos originais aplicados em São Paulo, o que mostra que cada construtora dá uma importância diferente para cada categoria da metodologia.

2.4 Análise de custos

Oliveira (2009) e Medeiros (2012) afirmam que o custo das fachadas dos edifícios, dependendo do tipo de construção, representa até 20% do custo de uma obra, tendo a escolha dos revestimentos grande importância nesse valor (SALGADO, 2013).

Diversos fatores podem ser considerados quando se analisa o custo de um sistema de revestimento de fachadas. Alguns deles são os impactos na logística da obra, a necessidade de equipamento, a velocidade da montagem, a facilidade de modificações na obra, o acabamento, a manutenibilidade, o preço dos elementos e da mão de obra, a disponibilidade dos materiais, a garantia do fornecimento em prazo hábil, a vida útil garantida e declarada, a compatibilização com o status do empreendimento e a existência de uma assistência técnica pós-venda (MEDEIROS, 1999; MEDEIROS et al., 2014).

Com base nesses fatores, é possível elaborar uma função objetivo que deve ser comparada usando as diversas soluções a serem adotadas. Aquela que apresentar um menor valor será a que tem o menor custo (COLODETTI, 2006). No entanto, ao fazer tal análise,

não deve ater-se apenas ao custo de implantação, onde fachadas especiais (cortinas e semi-cortinas) usualmente se apresentam com custo inicial elevado. Deve-se ter uma visão holística, levando em conta não só a implantação, como o tempo de execução, custo de manutenção, nível de especialização da mão de obra, entre outros, a fim de verificar a viabilidade econômica ao longo da vida útil do empreendimento.

Os custos no Brasil das fachadas ventiladas são mais elevados, relativamente ao exterior, onde os custos são competitivos. Uma razão para isso é o preço de importação de algumas peças. Com a modernização dos sistemas de fachadas, a tendência é aumentar o preço, no entanto, o importante é o custo relativo: mesmo que o custo sempre aumente, ele deve manter-se inferior aos dos concorrentes. Para isso, ao modificar os processos de produção, pode-se reduzir a dependência da mão de obra, cujo custo tende sempre a aumentar com o tempo (SABBATINI, 1998; SIQUEIRA JÚNIOR, 2003). Müller (2003) ressalta a importância da concorrência para que os preços praticados pelo mercado baixem. Como são poucas as empresas que trabalham com isso no Brasil, elas tendem a supervalorizar as soluções, seguindo a lei da oferta e da procura.

Diversos trabalhos fizeram análises de custos com fachadas ventiladas, mas, em boa parte deles, apenas foi analisado o custo de implantação. Campos (2009), por não conhecer os benefícios e despesas indiretas (BDI) das empresas pesquisadas, fez a composição de custo apenas somando os valores dos insumos e de mão de obra. Cunha (2006), da mesma forma, fez sem considerar os custos de manutenção por falta de dados, mas é esperado que possua um custo inferior aos sistemas com revestimento aderido.

Essa visão simplista, sem considerar o custo da logística e da manutenção, pode fazer com que se escolha um sistema com custo de implantação menor, mas que, com o tempo, as intervenções frequentes podem vir a tornar o sistema mais caro (KONDO, 2003). Para se fazer um estudo de viabilidade completo, deve-se utilizar o conceito de custo global, que, segundo a ABNT NBR 15575-1 (2013), é o custo de um edifício ou de seus sistemas, em sua totalidade, ou seja, incluindo, além dos custos de implantação, os custos de operação e manutenção em toda sua vida útil.

Gondim (2007) relata a dificuldade para mensurar os custos de manutenção na fase de concepção. Em seu trabalho, esse custo é obtido indiretamente por meio dos benefícios do sistema. Como critério, ele utiliza o custo por metro quadrado abacado. Já Kondo (2003) e Maciel (2013), estimam o custo de manutenção pela durabilidade dos componentes do

sistema. Ao constatar que cada material componente tinha uma vida útil maior que a do edifício, Maciel (2013) supôs uma taxa de substituição de 5% dos materiais a cada vistoria, que ocorreria a cada 12,5 anos. Com isso, foi possível obter um valor para esse custo, apesar de poder não condizer com a realidade.

Como é possível ver da leitura acima, as fachadas ventiladas têm um grande potencial para serem utilizadas como revestimento para edificações, tanto comerciais quanto residenciais, especialmente na cidade de Fortaleza, onde seu uso ainda é modesto. A prova disso é que elas são usadas com sucesso desde o século passado em países como Alemanha, Itália, Espanha, França, Inglaterra, Rússia, Canadá, entre outros.

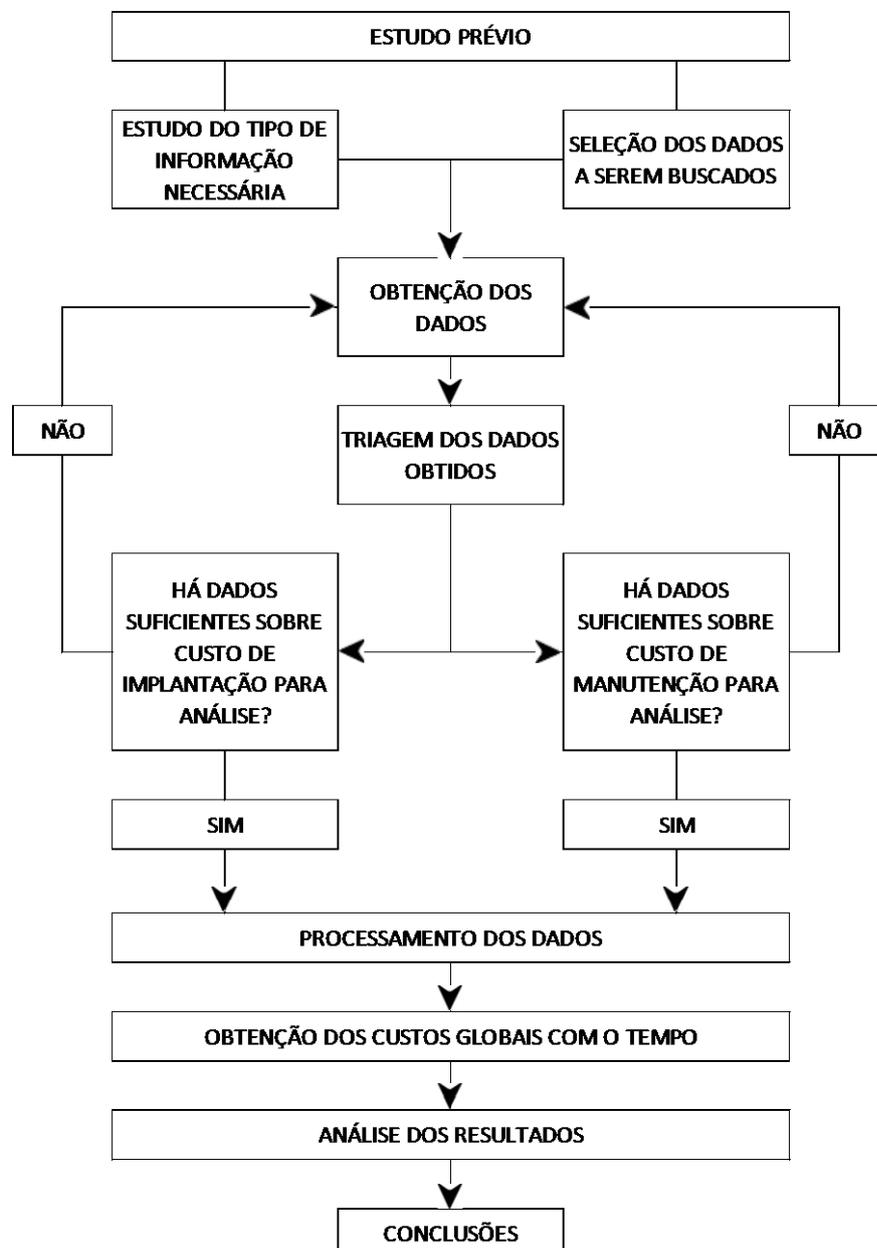
3 MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento a ser seguido para a execução deste trabalho toma como base os objetivos específicos. Cada objetivo específico, por sua vez, é dividido em etapas metodológicas a fim de que possa ser executado de forma mais simples.

3.1 Detalhamento da Metodologia

O organograma na Figura 24 mostra, de forma geral, o procedimento a ser seguido para se executar o presente trabalho.

Figura 24 – Organograma da metodologia.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Inicialmente, deve-se fazer um estudo para averiguar qual o tipo de informação será necessária para analisar os custos de uma fachada. Qual a composição dos materiais a serem usados para o revestimento, quantos funcionários são necessários para executar e em quanto tempo, quanto custa cada insumo, quais as empresas que fazem uso da tecnologia em estudo, quais os equipamentos necessários para a implantação, como é a cadeia de suprimentos e a relação com os fornecedores e o que se deve fazer e com que frequência para a manutenção do desempenho da fachada. Essas são algumas das informações que poderiam ser usadas, mas existem muitas outras que podem ser úteis.

Após levantar os vários tipos de informações relevantes para os custos dos sistemas em questão, deve-se escolher quais os que serão usados na análise, para isso, pode-se tomar como base os fatores usados no trabalho de Medeiros (2009) e Medeiros et al. (2014). A quantidade e a qualidade dos dados dependem do tipo de análise que se pretende fazer. Para este trabalho, os dados a serem selecionados devem permitir o cálculo do custo global dos revestimentos cerâmicos aderidos e ventilados, para uma posterior comparação e análise.

Tendo concluído esse estudo prévio, segue-se com a etapa de obtenção dos dados. Para adquirir os dados, pode-se consultar tabelas de custo unitário como as da SEINFRA (Secretaria da Infraestrutura) e da SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), que permitem uma composição de custo expedita. Essas tabelas, porém, nem sempre condizem com os custos praticados no local e pode haver serviços e insumos que não constam nelas. Por essa razão, outras fontes de obtenção dos dados devem ser exploradas como visitas técnicas a empresas que utilizam as tecnologias em estudo ou às obras onde foram ou estão sendo implantadas. Entrevistas e questionários também podem ser aplicados em construtoras, fornecedores, entre outros, a fim de complementar os dados já coletados anteriormente. O questionário aplicado pode ser encontrado no Apêndice A deste trabalho.

Feito isso, segue-se com a triagem dos dados. Nem todos os dados que forem obtidos na etapa anterior serão úteis, por isso, deve-se selecionar quais os que estão prontos para serem analisados e quais os que precisam de processamento para que sejam usados. Nesta etapa, uma divisão entre dados para custos de implantação e de manutenção deve ser feita para averiguar se há a necessidade de uma nova coleta de dados ou se os existentes já são suficientes. Esta etapa e a anterior precisam ser repetidas até que todos os dados estejam disponíveis para um bom processamento e posterior análise.

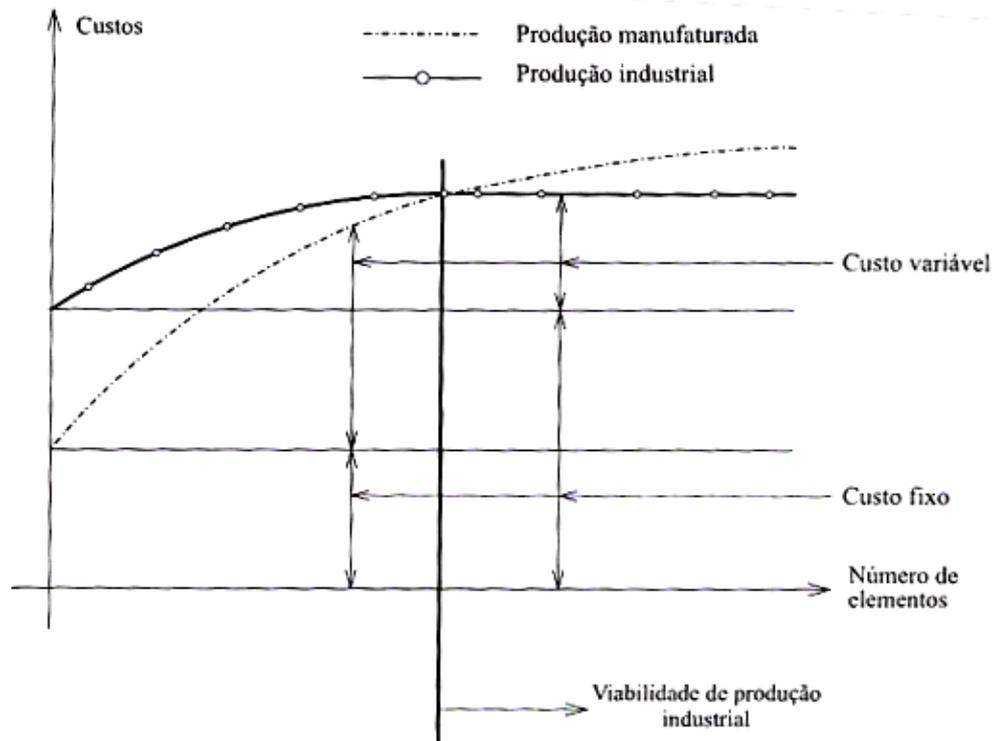
De posse de todas as informações, faz-se um processamento desses dados. Em um primeiro momento, faz-se uma composição para obter um custo unitário para a implantação de cada um dos sistemas, semelhante aos trabalhos de Campos (2009) e Cunha (2006). Ao terminar de comparar esses custos, atinge-se o primeiro objetivo específico deste trabalho. Processo similar deve ser feito para os custos unitários de manutenção de cada um dos sistemas. Há várias formas de incluir o custo da manutenção na análise: de formas indiretas, como Gondim (2007), estimando de acordo com a durabilidade dos componentes do sistema como Kondo (2003) e Maciel (2013), entre outras. A dificuldade desses métodos reside nessa estimativa inicial, que é difícil de ser feita com precisão devido à pequena base de dados de que se dispõe, já que poucas obras do tipo foram executadas e menos ainda passaram por manutenções, por serem muito recentes. Deve-se buscar essas informações de manutenção com empresas que já executaram tais serviços, a fim de que dados reais possam ser utilizados em vez de aproximações. Ao comparar os custos unitários de cada sistema, atinge-se o segundo objetivo específico.

Com base nos custos unitários de implantação e manutenção calculados, deve-se concatenar essas informações em uma função objetivo conforme Colodetti (2006), verificando o custo global, a fim de expor, em um mesmo gráfico, para cada sistema estudado, os custos em função do tempo para verificar de há um tempo crítico a partir do qual seja mais vantajoso o uso de fachadas ventiladas. Com isso, atinge-se o terceiro objetivo específico.

Com esse processamento, pode-se tomar os resultados e fazer as análises e conclusões sobre a viabilidade econômica dos revestimentos cerâmicos não aderidos de fachadas ventiladas. Uma das formas possíveis é verificar o impacto da industrialização do sistema de fachadas ventiladas no custo global. Para isso, pode-se verificar se a tendência comentada por El Debs (2000) de que soluções industrializadas tendem a se tornar economicamente mais vantajosas dependendo do volume da produção (Figura 25).

Outro procedimento a ser empregado é comparar o custo global unitário dos sistemas em questão para verificar qual deles é o mais indicado para um empreendimento em estudo a depender da vida útil de projeto. Feitas as devidas análises, juntamente com os resultados e as conclusões oriundas dos objetivos específicos, o objetivo geral do presente trabalho é atingido.

Figura 25 – Exemplo de viabilidade econômica com a industrialização.



Fonte: El Debs (2000).

3.2 Coleta de dados

Inicialmente, fez-se uma consulta nas tabelas da SEINFRA, SINAPI e afins, mas foi notado que muitos dos itens necessários para se executar uma fachada ventilada não estavam contemplados, provavelmente por ser um sistema recente no Brasil. Por essa razão, esse método foi descartado e seguiu-se com a coleta por meio de visitas, entrevistas e videoconferências.

A primeira empresa a ser entrevistada trabalha com o sistema de revestimentos de fachada do tipo cerâmico aderido. Nesse sistema, como ilustrado na Figura 3, retirada de Medeiros (1999), primeiramente, é feita a limpeza das vedações verticais, em seguida, é feito o chapisco para uma melhor aderência das camadas subsequentes, depois segue-se com o emboço e com o revestimento cerâmico e finaliza com o preenchimento das juntas e a limpeza dos panos.

Para a coleta dos dados, foi utilizado como base o questionário do Apêndice A, de forma que se pudesse fazer uma composição dos custos imediatos para esse tipo de revestimento.

A partir das respostas, foi possível montar o Quadro 1, que detalha as macroetapas para a execução do revestimento e dá uma noção do tempo de execução. Vale ressaltar que esse tempo de execução é dependente da área da fachada.

Quadro 1 – Macroetapas do revestimento cerâmico aderido.

ETAPA	MOVIMENTO DAS BALANÇAS	DESCRIÇÃO	TEMPO (SEMANAS)
1	subida	apicoamento, limpeza, tamponamento e encunhamento	2
2	descida	chapisco da estrutura e hidratação (cura)	2
3	subida	taliscamento, chapisco da vedação e hidratação (cura)	2
4	descida	fixação de telas, execução do emboço e corte das juntas	10
5	subida	paginação do revestimento e verificação do som cavo	1
6	descida	assentamento cerâmico	6
7	subida	verificação do assentamento cerâmico e rejuntamento	1,5
8	descida	preenchimento das juntas de movimentação	1
9	subida	verificação do rejunte e juntas	1
10	descida	limpeza	1,5
TEMPO TOTAL APROXIMADO			28

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Além das etapas para execução, a empresa informou o plano de manutenção que os empreendimentos com esse tipo de sistema de revestimento devem seguir. A partir do qual foi elaborado o Quadro 2.

Quadro 2 – Plano de manutenção do revestimento cerâmico aderido.

Manutenção	
1 ano	inspeção preventiva de som cavo nas placas e infiltrações
	inspeção quanto a fissuramentos e pontos falhos no rejunte
	avaliação tátil do selante das juntas
3 anos	nova inspeção e lavagem com água pressurizada
Novas inspeções e lavagens a cada 3 anos	
10 anos	substituição das juntas
15 anos	verificar aderência das placas com ensaios
25 anos	substituição do rejuntamento

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Caso o plano supracitado seja seguido, a empresa dá uma garantia do revestimento por três anos, em conformidade com o anexo B do Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15573 (2013). As manutenções são sempre custeadas pelo

condomínio, somente se, dentro desses três anos, ocorrer algum problema que seja originado pela má execução do revestimento, a construtora faz a correção por conta dela.

Com relação à produtividade, no assentamento das cerâmicas em si, podem ser feitos 13,21 m²/dia, mas ao contar com todo o processo, desde a limpeza das vedações verticais, essa produtividade diminui. Esse valor total não foi fornecido pela empresa.

Com relação a dados de custo de mão de obra, para cada quatro metros lineares de fachada, horizontalmente, deve ter um funcionário trabalhando, então, para cada balança, tem-se um pedreiro e um ajudante. O pedreiro custa 11,51 R\$/h e o ajudante custa 7,60 R\$/h.

Já no que diz respeito aos custos com insumos, o quantitativo passado foi organizado no Quadro 3.

Quadro 3 – Custos com insumos para o revestimento cerâmico aderido.

MATERIAL	CONSUMO	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO
Cerâmica	1,08	R\$ 24,32	R\$ 26,27
Argamassa Colante (AC3)	9,5	R\$ 2,20	R\$ 20,90
Ácido Brex	0,05	R\$ 1,60	R\$ 0,08
Chapisco	0,005	R\$ 316,72	R\$ 1,58
Emboço	0,03	R\$ 321,58	R\$ 9,65
Reboco	0,005	R\$ 161,10	R\$ 0,81
CUSTO INSUMOS/m ²			R\$ 59,28

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

A segunda empresa que foi entrevistada trabalha com o sistema de fachadas ventiladas com revestimento cerâmico extrudado, onde a cerâmica passa por uma extrusora para ser moldada, em vez da prensa. Além disso, é dado, durante a extrusão, um tratamento de dióxido de titânio, o que confere a esse revestimento propriedades bactericidas, que funciona pela fotocatalise, e hidrofílicas, formando um filme em sua superfície que permite lavar as impurezas com a própria água da chuva facilmente. Isso garante ao sistema um baixo custo de manutenção e uma vida útil prolongada.

Essas placas cerâmicas são importadas, o que pesa bastante no custo global desse tipo de sistema, mas todos os outros acessórios e a mão de obra já podem ser encontrados no Brasil. Nesse sistema, a montagem é feita com a instalação dos perfis metálicos diretamente na vedação vertical, já corrigindo os erros de prumo da estrutura por meio dos acessórios

ajustáveis, e as placas cerâmicas, que no processo de extrusão já são moldadas saliências em seu tardo, são simplesmente encaixadas nos consoles dos perfis metálicos.

Essa simplicidade, juntamente com as grandes dimensões das placas, permite que sejam feitos 50 m²/dia. Essa elevada produtividade faz com que seja atrativo para edifícios comerciais, como o hospital onde ele foi usado, em Fortaleza.

Segundo o gerente nacional da empresa, os custos variam entre R\$ 500,00/m² e R\$ 900,00/m², pois o esse tipo de revestimento é vendido como solução construtiva, ou seja, tudo está incluso no preço, desde a impermeabilização, as placas cerâmicas, os acessórios, o projeto, a mão de obra e a instalação em si. No hospital de Fortaleza onde esse sistema foi usado, o custo saiu por R\$ 470,00/m².

Essa elevada variação nos preços mostra a complexidade do planejamento do processo como um todo, onde as condições de contorno variam bastante, dependendo do local onde o sistema será instalado. O projeto deve ser altamente detalhado, inclusive com a coordenação modular e a especificação do lugar em que cada placa deve ser assentada. Um exemplo de uma das folhas do projeto pode ser vista no Anexo A.

A terceira empresa, atualmente, está trabalhando com um sistema de fachadas ventiladas com porcelanato que foi adaptado por eles a partir dos sistemas estrangeiros. Mas já trabalhou com o sistema da primeira empresa, o mais usado em Fortaleza, e com o sistema de revestimentos não aderidos.

Com relação ao sistema convencional, com placas aderidas, foram dadas as informações que constam no Quadro 4. Nela, para o tempo por área, são consideradas as etapas de emboço externo, assentamento do revestimento de porcelanato e das molduras das janelas.

Quadro 4 – Composição de custo para fachada convencional.

DESCRIÇÃO	CONVENCIONAL
TEMPO/M ²	5,22 h
LOGÍSTICA	SIMPLES
MÃO DE OBRA	PEDREIRO
PREÇO DO MATERIAL/M ²	R\$ 46,53
PREÇO DA MÃO DE OBRA/M ²	R\$ 61,57
PREÇO TOTAL/M ²	R\$ 108,10
SUSTENTABILIDADE	BAIXA PROTEÇÃO TERMOACÚSTICA

Fonte: Adaptado das informações dadas pela empresa 3 (2015).

Com relação ao sistema de fachadas com revestimento não aderido, que se assemelham às ventiladas, mas têm suas juntas preenchidas, foram dadas as informações contidas no Quadro 5.

Quadro 5 – Características das fachadas com revestimento não aderido.

Fachada Não Aderida	
Custo Geral	> 8%
Resíduos Sólidos	< 88%
Produtividade	14m ² /dia

Fonte: Adaptado das informações dadas pela empresa 3 (2015).

Por fim, tem-se o sistema de fachadas ventiladas usado pela empresa, que usualmente consome 0,95 h/m², tem uma logística abrangente, utiliza montadores como mão de obra especializada e, do ponto de vista da sustentabilidade, não utiliza água e possui alta proteção termoacústica. Suas macroetapas podem ser vistas no Quadro 6, que mostra que sua execução demanda menos viagens das balanças do que a do sistema aderido.

Quadro 6 – Macroetapas para execução da fachada ventilada com porcelanato.

ETAPA	DESCRIÇÃO	OBS
1	Solicitação do material: perfis, inserts, parafusos e ferramentas	O trilho deve ter o comprimento de 2 pés direitos. Escopo geral dos panos. Apresentar quantitativo do material.
2	Montagem dos balancins	
3	Definição sobre qual pano sobressai sobre outro	Apresentar projeto
4	Subida tamponando e limpando o pano	
5	Descida da prumada com arame e mapeamento a cada 2 m nas vigas do pano e de seus vizinhos	Fazer uma fiada e no meio do pano para checar alinhamento
6	Elaboração da planilha de mapeamento	
7	Paginação dos perfis e decisão sobre as peças	
8	Descida com montagem dos perfis (trilho) e raspagem das vigas	O trilho sai da parte superior da viga e apresenta o calço e cangalha
9	Subida com colocação dos inserts e porcelanatos, fazendo o acabamento das	
10	Descida rejuntando, limpando, inserindo os acabamentos das janelas, viradas e chaminés dos aquecedores de passagem	
11	Montagem dos detalhes em EPS's ou textura de	
12	Desmontagem dos balancins	

Fonte: Adaptado das informações dadas pela empresa 3 (2015).

Para a composição de custo, foram considerados a montagem dos perfis metálicos, o assentamento do porcelanato e a instalação das caixas geocold, de fibra de vidro,

usadas como acabamento nas janelas. Nesse estudo, foi usado um pano de 942 m², dois serventes e dois profissionais. O Quadro 7 mostra essa composição.

Quadro 7 – Composição de custos da fachada ventilada com porcelanato.

COMPOSIÇÃO		CUSTO
MATERIAIS	PERFIS E CANTONEIRAS	R\$ 57,32
	PORCAS, PARAFUSOS, ARRUELAS E CHUMBADORES	R\$ 5,26
	INSERTS	R\$ 8,21
	REVESTIMENTO	R\$ 25,76
EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS		R\$ 7,89
MÃO DE OBRA		R\$ 25,60
TOTAL		R\$ 130,04

Fonte: Adaptado das informações dadas pela empresa 3 (2015).

Com isso, tem-se os dados para a análise e comparação dos custos de implantação do sistema. Para completar o custo global, faltam os custos de manutenção. Para obter esses dados foram feitas visitas e entrevistas em empresas que fazem reformas de fachada ou com as próprias empresas que as executa, mas que mantêm contato com os empreendimentos onde foram executadas as fachadas. Também foram obtidos dados com empresas que prestam consultorias.

Primeiramente, é importante frisar a diferença entre manutenção preventiva e corretiva. Este trabalho foca nas manutenções preventivas, como lavagens e trocas pontuais de materiais. Já as manutenções corretivas são mais caras, pois visam corrigir problemas oriundos de erros de execução dos revestimentos. Segundo um dos consultores que trabalham da área, o custo para esse tipo de manutenção para fachadas com revestimento não aderido está em torno de R\$ 40,00/m².

De acordo com o gerente de uma empresa que executa fachadas ventiladas, deve-se fazer uma inspeção de corrosão a cada 5 ou 10 anos em fachadas não aderidas insertadas, que são muito comum em Belo Horizonte, pois, se mal projetadas, podem inflar com a passagem do ar e arrancar o revestimento, o que já aconteceu em Recife e em Manaus.

O gerente nacional da empresa dois comentou que o primeiro prédio a usar a fachada ventilada com cerâmica extrudada no Brasil foi executado em São Paulo, em 2009. Em uma reforma preventiva, foi gasto R\$ 14,00/m². Esse valor é bem abaixo de outros

prédios de que ele tem notícia, pois basta uma lavagem a cada três ou cinco anos, em locais onde não chove muito, e uma verificação das ancoragens. Um prédio no Rio de Janeiro, onde 70% da fachada é de vidro e o restante é de cerâmica branca esmaltada, segundo ele, tem que ser lavado duas vezes ao ano, o que aumenta bastante o custo de manutenção.

Por fim, em visita ao dono de uma empresa de Fortaleza especializada, entre outros assuntos, em reformas de fachadas, foi informado que o grande problema das fachadas ventiladas reside em não se conseguir ver o que está por trás das placas, pois a execução das estruturas no Brasil ainda apresenta muitos problemas. Com relação a custos, a manutenção preventiva para revestimentos cerâmicos aderidos em Fortaleza está custando cerca de R\$ 9,00/m². Nesse valor está incluso basicamente a lavagem e a conferência dos rejuntas e juntas e eventuais trocas pontuais de placas.

Com relação ao custo de manutenção em fachadas ventiladas, ele não pôde informar precisamente um valor, pois ainda não foi feito esse tipo de manutenção em Fortaleza, por ser ainda muito recente o sistema, mas estimou que devesse ser algo em torno de 80% do valor cobrado para o sistema aderido, devido à facilidade da manutenção, que é basicamente a lavagem e verificação das ancoragens, além da troca de placas ser mais fácil, por ser um sistema com acoplamento mecânico.

Uma professora consultada, que em sua dissertação de mestrado fez um estudo sobre as fachadas ventiladas, comentou da dificuldade que é obter dados de manutenção desse tipo de fachada, como é um sistema recente não se tem muitos registros. Além de não se ter, no país, uma cultura de realmente fazer tais manutenções.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, serão concatenados os dados obtidos e mostrados no capítulo anterior a fim de se fazer uma análise e, a partir dos resultados obtidos, fazer discussões que gerarão as conclusões do capítulo final deste trabalho.

4.1 Custo de implantação

Os dados fornecidos pelas empresas dois e três sobre custos de implantação já estão prontos para serem usados, mas, para fazer uma análise envolvendo as três empresas, deve-se tomar a composição de custo dos insumos fornecidos pela primeira empresa, juntamente com outros dados por ela divulgados acerca do custo da mão de obra para só então obter um custo por metro quadrado a fim de se efetuar as devidas comparações.

Utilizando a produtividade dada de 13,21 m²/dia, os dados do Quadro 1, que indicam um total de 28 semanas, sendo 6 para assentamento das cerâmicas, e considerando um regime de trabalho de 44 h/semana, bem comum na construção civil da cidade de Fortaleza, tem-se que são gastos, a cada metro quadrado, 3,11 h. Somando os custos do profissional e do ajudante dados e multiplicando por essa produtividade, tem-se o valor de R\$ 59,43/m². Dessa forma é possível organizar as informações conforme a Tabela 1, que mostra a composição de custos de implantação para os revestimentos em questão.

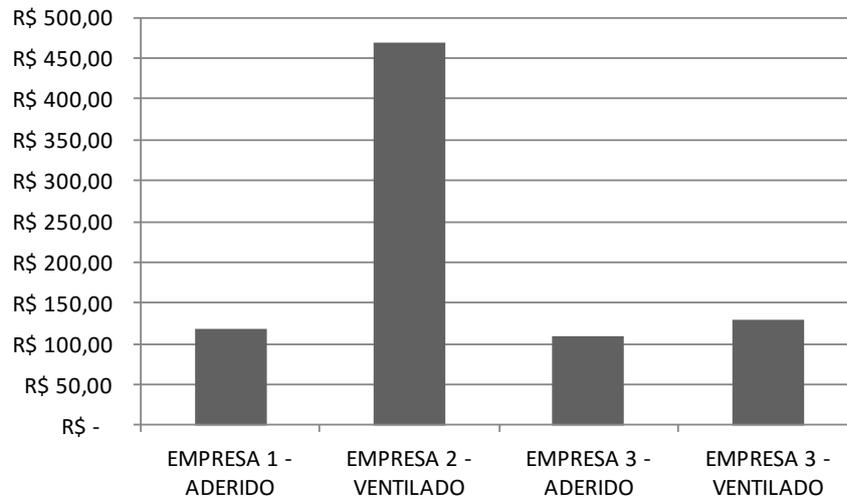
Tabela 1 – Comparação da composição dos custos de implantação.

EMPRESA 1		EMPRESA 2		EMPRESA 3			
ADERIDO		VENTILADO		ADERIDO		VENTILADO	
INSUMOS	R\$ 59,28	INSUMOS	-	INSUMOS	R\$ 46,53	INSUMOS	R\$ 104,44
MÃO DE OBRA	R\$ 59,43	MÃO DE OBRA	-	MÃO DE OBRA	R\$ 61,57	MÃO DE OBRA	R\$ 25,60
TOTAL (R\$/m²)	R\$ 118,71	TOTAL (R\$/m²)	R\$ 470,00	TOTAL (R\$/m²)	R\$ 108,10	TOTAL (R\$/m²)	R\$ 130,04

Fonte: elaborada pelo autor (2015).

Ao ilustrar os custos totais como no Gráfico 1, vê-se que fachadas ventiladas têm a tendência de serem mais caras que as fachadas aderidas. Outro ponto notável é a grande diferença entre os custos da empresa 2 e das outras. Isso ocorre porque ela é vendida como uma solução construtiva, que usa parte dos insumos importados, mas com os custos de todas as etapas incluídos. Além disso, as outras empresas não informaram o custo do projeto ou da energia necessária para executar o serviço.

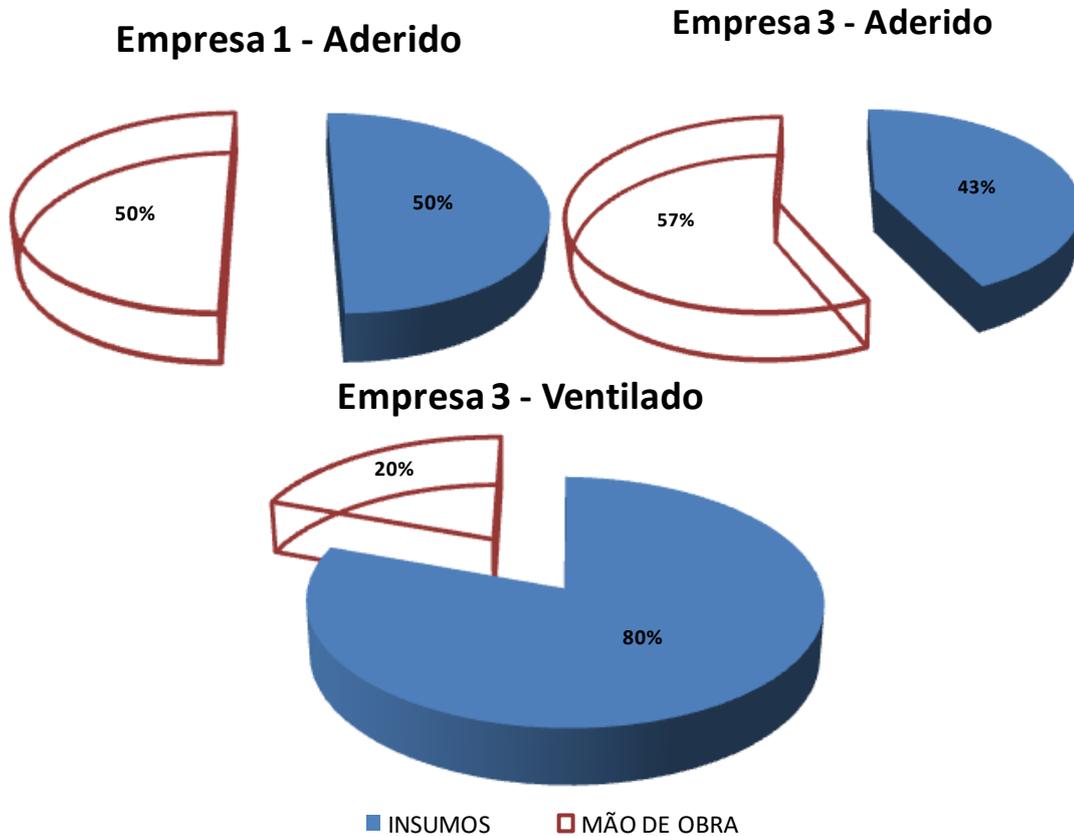
Gráfico 1 – Comparação dos custos de implantação dos sistemas.



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Outra análise que pode ser feita é com relação à composição dos custos de implantação, onde o Gráfico 2 ilustra qual parte tem maior importância para cada sistema, se é a mão de obra ou os insumos.

Gráfico 2 – Importância dos itens da composição de custo imediato.



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Do Gráfico 2, pode-se observar que o custo da mão de obra para fachadas com revestimento cerâmico aderido ocupa uma grande parcela do custo de implantação total, enquanto que para fachadas ventiladas essa parcela é bem pequena. Não foi fornecida essa composição para a empresa dois, mas é de se esperar o mesmo comportamento, haja vista que as placas cerâmicas, por serem importadas, aumentam bastante o custo dos insumos.

Isso é muito importante para os construtores em geral, pois a tendência é da mão de obra ficar cada vez mais cara com o tempo, na medida em que o país se desenvolve, à semelhança dos países europeus. Sendo assim, ao escolher um sistema que utiliza pouca mão de obra, ele tende a ser uma opção mais econômica com o passar do tempo.

Os materiais, por sua vez, estão em constante evolução. A cada dia, novas pesquisas se desenvolvem e um material que hoje pode custar uma fortuna, no futuro pode ser barateado pela evolução do seu método de fabricação ou algo do gênero.

4.2 Custo de manutenção

Para monetizar as manutenções de cada sistema, foi usada uma vida útil de projeto de 50 anos, dessa forma, atende ao mínimo imposto pela ANBT NBR 15575 (2013) para a estrutura do edifício e ao requisito superior para fachadas, que é de 30 anos ou mais. Com relação à frequência com que cada manutenção vai ocorrer, foram usadas as informações do Quadro 2 e as fornecidas pelos consultores e empresas do ramo.

Dessa forma, para as fachadas com revestimento cerâmico aderido serão feitas, dentro dos 50 anos, 16 manutenções preventivas, 5 trocas de juntas, 3 ensaios de arrancamento de placas cerâmicas e duas trocas de rejuntas. Já para as fachadas ventiladas com porcelanato, serão as mesmas 16 manutenções preventivas, enquanto que para as de cerâmica extrudada serão somente 10 manutenções preventivas. No entanto, não foi possível obter dados acerca dos ensaios ou das juntas e rejuntas, foi considerada para análise apenas a manutenção preventiva.

Os custos utilizados para as manutenções preventivas nos revestimentos aderidos são mesmos para as duas empresas e valem R\$ 9,00/m², conforme a empresa de reformas consultada. Para a fachada ventilada com revestimento em porcelanato, foi adotado, segundo a mesma fonte, o valor de R\$ 7,20/m². Já para o valor da manutenção preventiva da fachada

ventilada com placas de cerâmica extrudada tem-se um problema, que reside no fato do valor de 14,00 R\$/m² ter sido coletado para um edifício em São Paulo.

Para contornar esse fato, converteu-se tal valor para o que ele poderia vir a ser para a cidade de Fortaleza por meio da comparação do preço da água nos dois locais. Esse método foi usado, pois o serviço que é feito numa área maior é a lavagem e, como esse serviço tem que ser feito com água, foi possível fazer tal equivalência. Segundo o site da Sabesp, para uma classe de consumo de residência normal entre 21 a 50 m³ de água, o valor por unidade de volume é de R\$ 8,07. Já no site da Cagece, para essa mesma classe de consumo, o valor é de R\$ 5,02, ou seja, 62,2% do valor de São Paulo, sendo assim, os R\$14,00/m² são convertidos em R\$ 8,71/m², valor este que foi usado na análise.

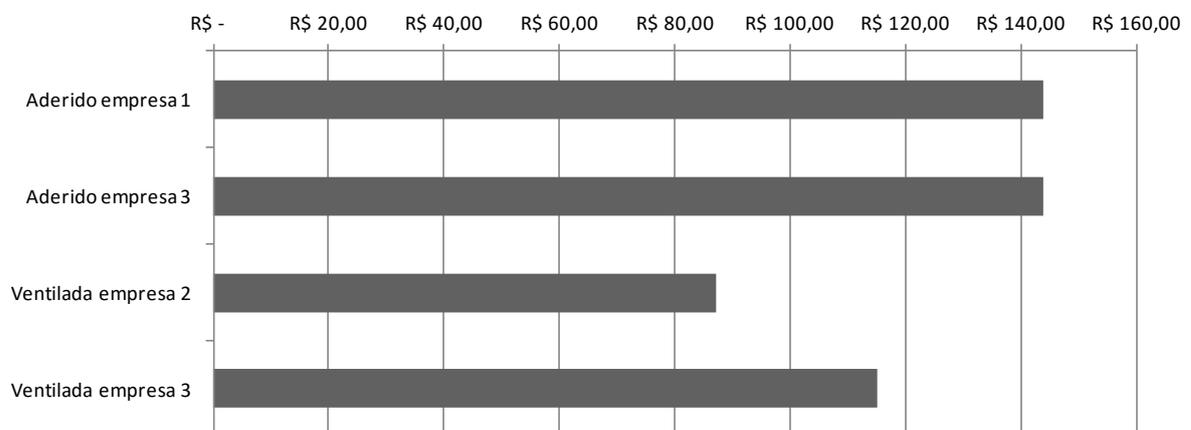
Com isso, para os 50 anos em estudo, organizou-se os valores de manutenção na Tabela 2. Nela é possível observar que, conforme era esperado, o valor da manutenção das fachadas ventiladas são menores do que as com revestimento aderido. Ademais, a fachada ventilada com placas de cerâmica extrudada são as que possuem o menor custo com manutenção, uma das razões de serem muito usadas em prédios comerciais no sudeste do país. Para melhor ilustrar, pode fazer o Gráfico 3.

Tabela 2 – Valores das manutenções dentro de 50 anos.

Aderido empresa 1	Aderido empresa 3	Ventilada empresa 2	Ventilada empresa 3
R\$ 144,00	R\$ 144,00	R\$ 87,10	R\$ 115,20

Fonte: elaborada pelo autor (2015).

Gráfico 3 – Comparação do custo por metro quadrado das manutenções dentro de 50 anos.



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Vale ressaltar que essa análise toma como base os resultados oriundos do processamento dos dados informados e não deve ser generalizada. Os custos de manutenção de produtos mais caros, segundo um professor consultado, costumam ser mais elevados, principalmente pelo valor de reposição de componentes, dado que não foi informado por todas as empresas, impossibilitando a comparação. No entanto, o intervalo entre manutenções costuma ser maior, o que pode gerar uma economia em longo prazo.

4.3 Custo global

De posse dos custos unitários para implantação (Tabela 1) e para manutenção (Seção 4.2) ao longo do tempo, é possível fazer as funções objetivo de cada sistema, que retornam, para cada valor de tempo escolhido, o custo global por metro quadrado do sistema em questão. Para compor a função objetivo, o custo de implantação do sistema é somado com a multiplicação do custo da manutenção desse sistema por uma função piso, que retorna o inteiro imediatamente anterior ao valor calculado. Essa função piso foi usada para multiplicar um intervalo de tempo entre manutenções, de forma a só somar o custo de manutenção nos múltiplos do intervalo fornecido pelas empresas (3 ou 5 anos, a depender do sistema). As equações de 1 a 4 são as funções que representam, respectivamente, a fachada com revestimento cerâmico aderido da empresa um, seguido pela fachada aderida da empresa três, a fachada ventilada com placas de cerâmica extrudada e, por fim, a fachada ventilada com porcelanato.

$$C_1(t) = 118,71 + 9 \cdot \left\lfloor \frac{t}{3} \right\rfloor \quad (1)$$

$$C_2(t) = 108,10 + 9 \cdot \left\lfloor \frac{t}{3} \right\rfloor \quad (2)$$

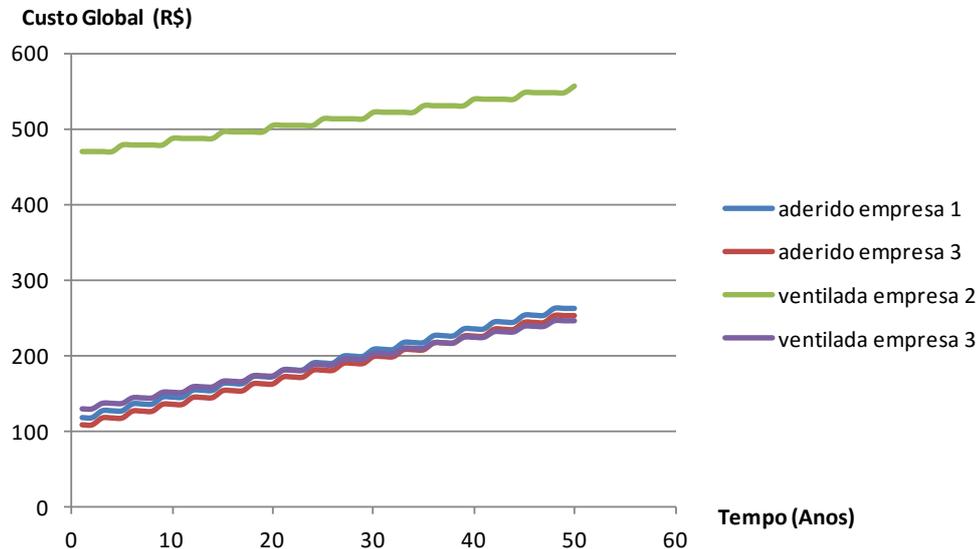
$$C_3(t) = 470 + 8,71 \cdot \left\lfloor \frac{t}{5} \right\rfloor \quad (3)$$

$$C_4(t) = 130,04 + 7,2 \cdot \left\lfloor \frac{t}{3} \right\rfloor \quad (4)$$

Com as funções acima, é possível elaborar o Gráfico 4, que mostra a relação do custo global com a evolução do tempo. Nele, nota-se que um dos sistemas destoa dos demais. A razão disso é que a empresa 2 forneceu um dado de preço, não de custo, o que já adiciona,

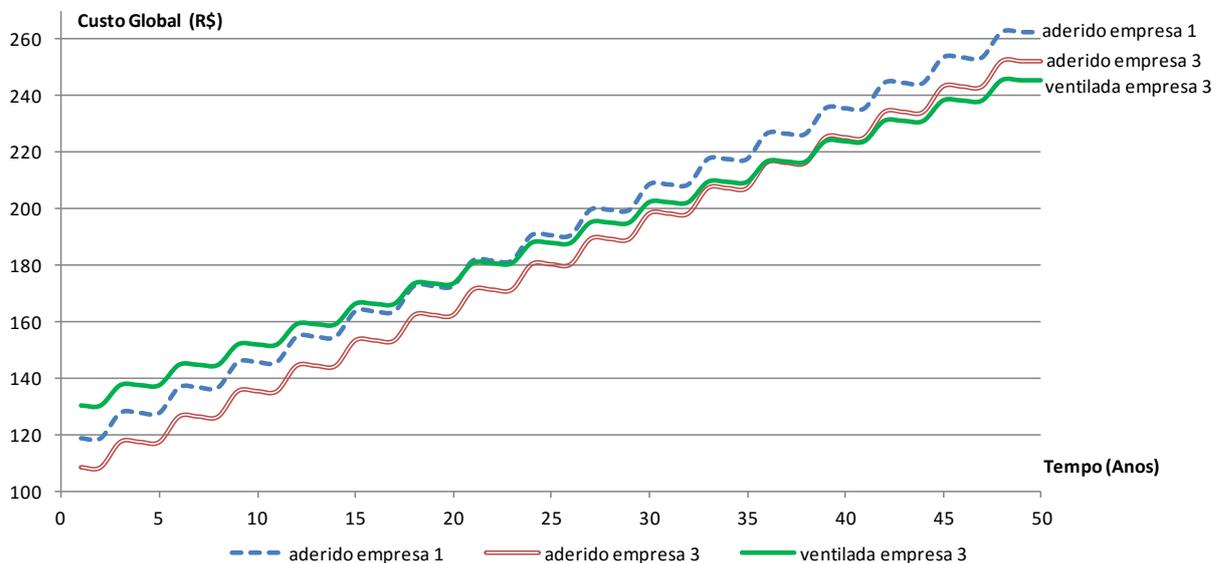
dentre outras coisas, o lucro, não podendo ser comparada com as demais. Para uma análise mais profunda dos sistemas restantes, foi elaborado o Gráfico 5 retirando os dados desse sistema mais caro.

Gráfico 4 – Custo global com o tempo para os quatro sistemas.



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Gráfico 5 – Custo global com o tempo.



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

A partir da análise do Gráfico 5, pode-se perceber que há dois pontos críticos. O primeiro, com aproximadamente 20 anos, a fachada ventilada com porcelanato da empresa três se torna mais economicamente viável do que a fachada aderida da empresa um, pois seu custo global, a partir desse ponto é menor. Já o segundo ponto, aproximadamente a partir dos

40 anos, a fachada ventilada com porcelanato tem seu custo menor que a fachada aderida da própria empresa. Então, dentro deste intervalo de 50 anos, o sistema de fachada ventilada com porcelanato da empresa 3 é o que apresenta menor custo global, sendo, portanto, a mais economicamente viável.

Vale ressaltar que esses pontos críticos de 20 e 40 anos tenderiam a diminuir caso tivessem sido incluídos na análise os custos da troca das juntas e dos rejunte e dos ensaios de arrancamento de placa. Isso ocorreria devido ao aumento do valor da manutenção, o que aumentaria o coeficiente angular das retas que representam as tendências lineares de ambas as fachadas aderidas, que permaneceriam paralelas, mas cruzariam com a da fachada ventilada mais rapidamente. Há ainda a economia indireta que não está sendo abordada neste estudo, que é gerada pelo menor peso das fachadas ventiladas, acarretando estruturas e fundações menos robustas. Fator muito importante a ser considerado quando em obras de *retrofit*.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho tratou do custo global das fachadas ventiladas com revestimentos cerâmicos usadas em Fortaleza. Como visto, as fachadas ventiladas são uma forma de industrialização da construção civil, pois permitem uma maior produtividade, e seu acoplamento mecânico e sem uso de água as tornam menos susceptíveis a problemas higroscópicos, diminuindo a intensidade e a quantidade das manifestações patológicas relacionadas aos revestimentos de fachadas. Além disso, seu afastamento da estrutura, que permite um fluxo de ar ascendente que resfria o empreendimento, o efeito chaminé, faz com que esses sistemas tenham um desempenho superior nos quesitos térmico e acústico.

No entanto, seu uso, principalmente em Fortaleza, é muito recente e pouco frequente. Para que comece a ser usado em maior escala, é preciso que haja uma mudança cultural e na forma de pensar dos construtores, que devem considerar também a sustentabilidade e a racionalização quando da concepção dos projetos de fachadas. Um dos fatores que deixam os construtores na dúvida é a viabilidade econômica desse tipo de fachada e esse é o foco desse trabalho.

Um dos objetivos foi comparar os custos de implantação das fachadas ventiladas usadas na cidade com as fachadas com revestimentos aderidos. Como esperado, os custos das fachadas ventiladas foram maiores do que os das aderidas. Um dos fatores é o custo dos materiais, que parte deles são importados, o que aumenta o custo total. Outro ponto é o tamanho das placas usadas na cidade, que são relativamente pequenos e obriga o construtor a fazer a estrutura metálica mais densa, o que aumenta a quantidade de elementos e encarece o serviço.

Um segundo objetivo foi de comparar os custos de manutenção desses mesmos sistemas. A partir da análise, comprovou-se o que se supunha de que a manutenção das fachadas ventiladas possui um menor valor quando comparada com a das fachadas com revestimentos aderidos.

O terceiro e último objetivo diz respeito ao comportamento do custo global dos revestimentos com o tempo, que mostrou que a fachada ventilada com porcelanato usada por uma empresa de Fortaleza passou a ter um custo global menor que as fachadas aderidas estudadas, dentro da vida útil de projeto mínima para a estrutura de um edifício. A fachada ventilada com placas cerâmicas extrudadas se manteve sempre com custo bem acima das demais, tanto pelas placas importadas quanto por ser vendida como solução construtiva, incluindo todas as etapas de execução. Vale ressaltar que há economias indiretas como a

redução do custo de climatização, com o uso de fachadas ventiladas, o que as tornariam ainda mais atrativas a longo prazo.

O trabalho possui algumas limitações como o fato de poucas empresas disponibilizarem dados para que a análise fosse executada, o que estatisticamente é desfavorável. Outro fator foi a diferença no detalhamento dos custos entre as empresas consultadas. Algumas delas, por exemplo, incluem o preço do projeto, outras não. Uma diferença crucial, que fez com que os resultados para a fachada ventilada com placas cerâmicas extrudadas ficassem com custos tão elevados, é o fornecimento do preço em vez do custo. Com isso, além do custo, a empresa inclui seu lucro, além de outras parcelas nessa quantia, o que resultou nessa disparidade de valores.

5.1 Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros, com relação aos custos, pode-se propor que as empresas deixem no contrato que repassariam os valores das manutenções ao longo dos anos para formar uma base de dados que possa ser usada tanto por elas quanto por pesquisadores, retroalimentando o processo. Com isso, incluir o restante dos dados de manutenção que não foram contemplados neste trabalho, como custo das juntas e rejuntas, preço do projeto ou custo com refrigeração, e avaliar como o custo global se comporta ao considerar todos esses fatores. Outro trabalho possível seria avaliar o impacto que a construção de uma fábrica de extrusão de placas cerâmicas no Brasil causará no custo global desse tipo de fachada e na decisão sobre qual o sistema mais viável economicamente. Já para fachadas ventiladas em geral, propõe-se um estudo acústico e a adaptação de normas internacionais para a realidade brasileira.

5.2 Considerações Finais

Para finalizar, vale ressaltar que mesmo comprovando que fachadas ventiladas têm custo global menor, desempenho termoacústico superior e que elas resolvem boa parte dos problemas das fachadas convencionais, não se deve parar de utilizar a fachada aderida. Além do uso concomitante dos sistemas ampliar as possibilidades arquitetônicas, por ser um sistema ainda muito recente, não se sabe ao certo quais as manifestações patológicas que podem surgir no futuro. O que entra em consonância com a epígrafe deste trabalho, que mostra que ao fazermos novas descobertas, ampliamos nosso conhecimento, mas novas questões surgem sobre ela, nos fazendo buscar por novas soluções e evoluir continuamente.

REFERÊNCIAS

- ALARCON, O. E.; MÜLLER, A. **Desenvolvimento de um sistema de fachada ventilada com placas cerâmicas de grês porcelanato voltado para a construção civil do Brasil**. Cerâmica, Dez. 2005, vol.51, no.320. São Paulo, 2005.
- ALENCASTRO, J. P. U. **Diagnóstico das práticas de coordenação e compatibilização de projetos no mercado de construção civil de Florianópolis - SC**. Dissertação de Mestrado. PósARQ/UFSC, 2006.
- AQUINO, L. M. **Comparativo de Sistemas de Fachadas Ventiladas - Cuidados para a Solução não Virar um Problema**. Portobello Técnica. Apresentação em PowerPoint. Outubro, 2014.
- ARCOWEB. **Construção industrializada: a nova geração de pré-fabricados**. Disponível em: <<http://arcoweb.com.br/projetodesign/tecnologia/construcao-industrializada-01-06-2001>> acessado às 20h de 31 de Maio de 2015.
- ARCHITECTUREAU. **Practice**. Disponível em: <<http://architectureau.com/articles/practice-11/>> acessado às 20h de 31 de Maio de 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10821-1**: Esquadrias externas para edificações. Parte 1: Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais — Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- 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, 2013.
- BALOCCO, C. **A simple model to study ventilated facades energy performance**. Energy and Buildings 34. Elsevier Science Ltd, 2002.
- BOBADILLA, E. M. F. **Manual Básico. Fachadas ventiladas y aplacados. Requisitos constructivos y estanqueidad**. Región de Murcia: Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Transporte de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, 2007.
- BRANCO, L. A. M. N. **Revestimentos pétreos: estudo de desempenho frente às técnicas e condições de assentamento**. Tese de doutorado. IGC/UFMG, 2010.
- BROAD. 一天三层 中国新常态 (3 Stories/Day China's New Normal). Disponível em: <<http://www.broad.com/video.html?9>> acessado às 23h de 08 de Abril de 2015.
- CAMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação/CBIC, 2013.
- CAMPOS, K. F. **Desenvolvimento de sistema de fixação de fachada ventilada com porcelanato de fina espessura**. Dissertação de Mestrado. PPGEC/UFSC, 2011.

CAMPOS, R. F. S. **Manutenção e reparo de fachadas de prédios comerciais no rio grande do sul: procedimentos e custos envolvidos.** Trabalho de conclusão de curso. DECIV/UFRGS, 2009.

CHERECHES, M.; CHERECHES, N. C.; HUDIȘTEANU, S. **Indicateurs énergétiques spécifiques aux façades ventilées et vitrées.** *CONSTRUCTII* – No. 2, 2012.

COLODETTI, E. A Função Custo como Instrumento de Tomada de Decisão. In: SIMPÓSIO FUCAPE DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 4., 2006, Vitória (ES). **Anais...** Vitória: FUCAPE, 2006.

CONSTRULINK. **Dossier técnico-económico: fachada ventilada.** Revista Construlink, Lisboa, n. 2, out. 2006.

CORBUSIER, LE, **Vers une architecture.** L'Esprit Nouveau, França, 1923.

CUNHA, M. M. F. **Desenvolvimento de um sistema construtivo para fachadas ventiladas.** Dissertação de Mestrado. DEC/FEUP, 2006.

DIARCE, G.; CAMPOS-SELADOR, Á.; MARTIN, K.; URRESTI, A.; GARCÍA-ROMERO, A.; SALA, J. M. **A comparative study of the CFD modeling of a ventilated active façade including phase change materials.** Applied Energy 126. Elsevier Science Ltd, 2014.

DIARCE, G.; URRESTI, A.; GARCÍA-ROMERO, A.; DELGADO, A.; ERKOREKA, A.; ESCUDERO, C.; CAMPOS-CELADOR, A. **Ventilated active façades with PCM.** Applied Energy 109. Elsevier Science Ltd, 2013.

DIREITO, J. F. **Estudo da segurança contra incêndio em fachadas ventiladas.** Dissertação de Mestrado. DEC/FEUP, 2011.

EBANATAW. **O problema pode estar no substrato.** Disponível em: <<http://www.ebanataw.com.br/roberto/pinturas/tin3.htm>> acessado às 20h de 31 de Maio de 2015.

ESTRUTURA TARIFÁRIA. Disponível em: <http://www.cagece.com.br/atendimentovirtual/faces/publico/home.xhtml?page=estrutura_tarifaria>. Acessado às 19h em 31 de dezembro de 2015.

ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE. **UNI 11018: rivestimenti e sistemi di ancoraggio per facciate ventilate a montaggio meccanico: istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione, rivestimenti lapidei e ceramici.** Milano: UNI, 2003.

GONDIM, I. A. **Modelo de apoio à decisão para seleção de tecnologias de revestimento de fachadas.** Dissertação de Mestrado. PPGEC/UFRGS, 2007

GORSHKOV, A. **Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надежности.** Инженерно-строительный журнал, № 8, 2010.

HAASE, M.; DE SILVA, F. M.; AMATO, A. **Simulation of ventilated facades in hot and humid climates.** Energy and Buildings 41. Elsevier Science Ltd, 2009.

KONDO, S. T. **Subsídios para seleção dos principais revestimentos de fachada de edifícios.** Dissertação de Mestrado. PECE/EPUSP, 2003.

- MACHADO, A. L. A. **Diretrizes de projeto para revestimentos não aderidos de fachada constituídos de placas cerâmicas extrudadas**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: IPT, 2012.
- MACHADO, A. L. A.; OLIVEIRA, L. A. Orientações para elaboração de projeto de fachadas com revestimento não aderido: aspectos estruturais e de durabilidade das subestruturas metálicas. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 14., 2012, Juiz de Fora (MG) **Anais...** Juiz de Fora: ANTAC, 2012.
- MACIEL, A. C. F. **Energia Incorporada de Fachadas Ventiladas. Estudo de Caso para Edificação Habitacional em Brasília-DF**. Dissertação de Mestrado. ENC/UnB, 2013.
- MAZZAROTTO, A. C. E. K. **Uso do sistema de fachadas duplas ventiladas em edifícios em Curitiba: verificação computacional de desempenho comparativo com soluções convencionais**. Dissertação de Mestrado. Tecnologia/UFPR, 2011.
- MEDEIROS, J. S. **The introduction of a ceramic ventilated façade system in Brazil**. In: XII Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico. Castellón, Camara Oficial do Comercio, Industria y Navegation, 2012.
- MEDEIROS, J. S.; MELLO, M. B.; ROGERRO, M. V. V.; SEGUNDO, M. J. P.; PIETRANTONIO, V. B. **Manual de Construção em Aço. Tecnologias de Vedação e Revestimentos para Fachadas**. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2014.
- MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. Boletim técnico. BT/PCC/EPUSP, 1999.
- MENDES, F. M. V. P.; **Durabilidade das Fachadas Ventiladas – Aplicação da Norma ISO 15686-1**. Dissertação de Mestrado. DEC/FEUP, 2009.
- MOURA, E. **Fachadas Respirantes**. Revista Técnica, São Paulo, Editora Pini, n. 144, mar. 2009.
- MÜLLER, A. **Desenvolvimento de um protótipo e análise do comportamento térmico de fachadas ventiladas com placas de grês porcelanato**. Tese de Doutorado. PGMAT/UFSC, 2003.
- MÜLLER, A.; GÜTHS, S.; ALARCON, O. E. Comportamento térmico de fachada ventilada com revestimentos cerâmicos em condições de inverno e verão. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS TÉRMICAS, 2002, Caxambu (MG). **Anais do ENCIT 2002**. Caxambu, 2002.
- NEMOV, D.V. **Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем**. **Инженерно-строительный журнал**, Nº 5, 2010.
- OLIVEIRA, L. A. **Metodologia para desenvolvimento de projeto de fachadas leves**. Tese de Doutorado. PCC/EPUSP, 2009.
- OLIVEIRA, L. A. **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios**. Dissertação de Mestrado. PCC/EPUSP, 2002.
- OLIVEIRA, P. F. S. C.; **Metodologia de manutenção de edifícios – fachadas ventiladas**. Dissertação de Mestrado. DEC/FEUP, 2011.

- PEZZATO, L. M. **Patologia do sistema revestimento cerâmico: um estudo de casos em fachadas**. Dissertação de Mestrado. EESC/USP, 2010.
- RADOLL, C. B. **Fachadas Ventiladas: seleção entre sistemas revestidos com cerâmica extrudada, granito e porcelanato para as obras de alto padrão de uma construtora de porto alegre**. Trabalho de conclusão de curso. DECIV/UFRGS, 2012.
- RIBEIRO, M. M. L. B. S. **Durabilidade na construção - Estimativa da vida útil de fachadas ventiladas**. Dissertação de Mestrado. DEC/FEUP, 2010.
- SABBATINI, F. H. A industrialização e o progresso de produção de vedações: utopia ou elemento de competitividade empresarial? In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais, 1. São Paulo, 1998. **Anais...** São Paulo: PCC/EPUSP, 1998.
- SACHT, H. M.; BRAGANÇA, L.; ALMEIDA, M.; CARAM, R. **Sistemas de fachadas inovadoras e conforto térmico: estudo em Portugal**. Maringá, v. 21, p. 13-25, 2012
- SALGADO, B. B. **Comparativo entre Sistemas de Revestimento de Fachada Monocapa e Convencional: Estudo Exploratório**. Monografia. DACOC/UTFPR, 2013.
- SANJUAN, C.; SUÁREZ, M. J.; GONZÁLEZ, M.; PISTONO, J.; BLANCO, E. **Energy performance of an open-joint ventilated façade compared with a conventional sealed cavity façade**. Solar Energy 85. Elsevier Science Ltd, 2011.
- SANTOS, D. C. **Revestimentos Em Fachadas: Texturas X Cerâmicas**. Monografia. DEMC/UFMG, 2012.
- SILVA, G.; CANTAVELLA, V.; GARCIA, À. R.; BOU, E.; MIRALLES, A.; UVIEDO, E. **Estudio de la eficiencia energética de fachadas ventiladas cerâmicas**. In: XII Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico. Castellón, Camara Oficial do Comercio, Industria y Navegation, 2012.
- SIQUEIRA JUNIOR, A. A. **Tecnologia de fachada-cortina com placas de grés porcelanato**. Dissertação de mestrado. PCC/EPUSP, 2003.
- SITTER, W.R. **Costs for Service Life Optimization. The “Law of Fives”**. In: CEB-RILEM Durability of Concrete Structures. Proceedings of the International Workshop held in Copenhagen, 18-20 May 1984. Copenhagen, CEB, 1984.
- TARIFAS. Disponível em: < <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=183> >. Acessado às 19h em 31 de dezembro de 2015.
- VAN BELLEGHEM, M.; STEEMAN, M.; JANSSENS, A.; DE PAEPE, M. **Heat, air and moisture transport modelling in ventilated cavity walls**. Journal of Building Physics, Vol 38 (2015) 4.
- VEDOVELLO, C. A. S. **Gestão de projetos de fachadas**. Dissertação de Mestrado. PCC/EPUSP, 2012.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NAS EMPRESAS

Revestimento Aderido

1. Quais são todos os materiais e as etapas necessários para executar o revestimento aderido? (cerâmico)
2. Quanto desses materiais é usado por unidade de área?
3. Qual o preço de cada componente?
4. Qual a preparação que deve ser feita na parede antes de receber o revestimento aderido?
5. Qual o preço dessa preparação?
6. Quanto tempo leva para revestir uma fachada desse tipo (área por dia)?
7. Qual o nível de desperdício desse tipo de revestimento (porcentagem)?
8. Quantos funcionários são necessários para executar?
9. Qual o custo com essa mão de obra?
10. Qual o intervalo para manutenção na fachada?
11. O que deve ser feito durante a manutenção?
12. Qual o custo dessa manutenção (discriminado por etapa)?

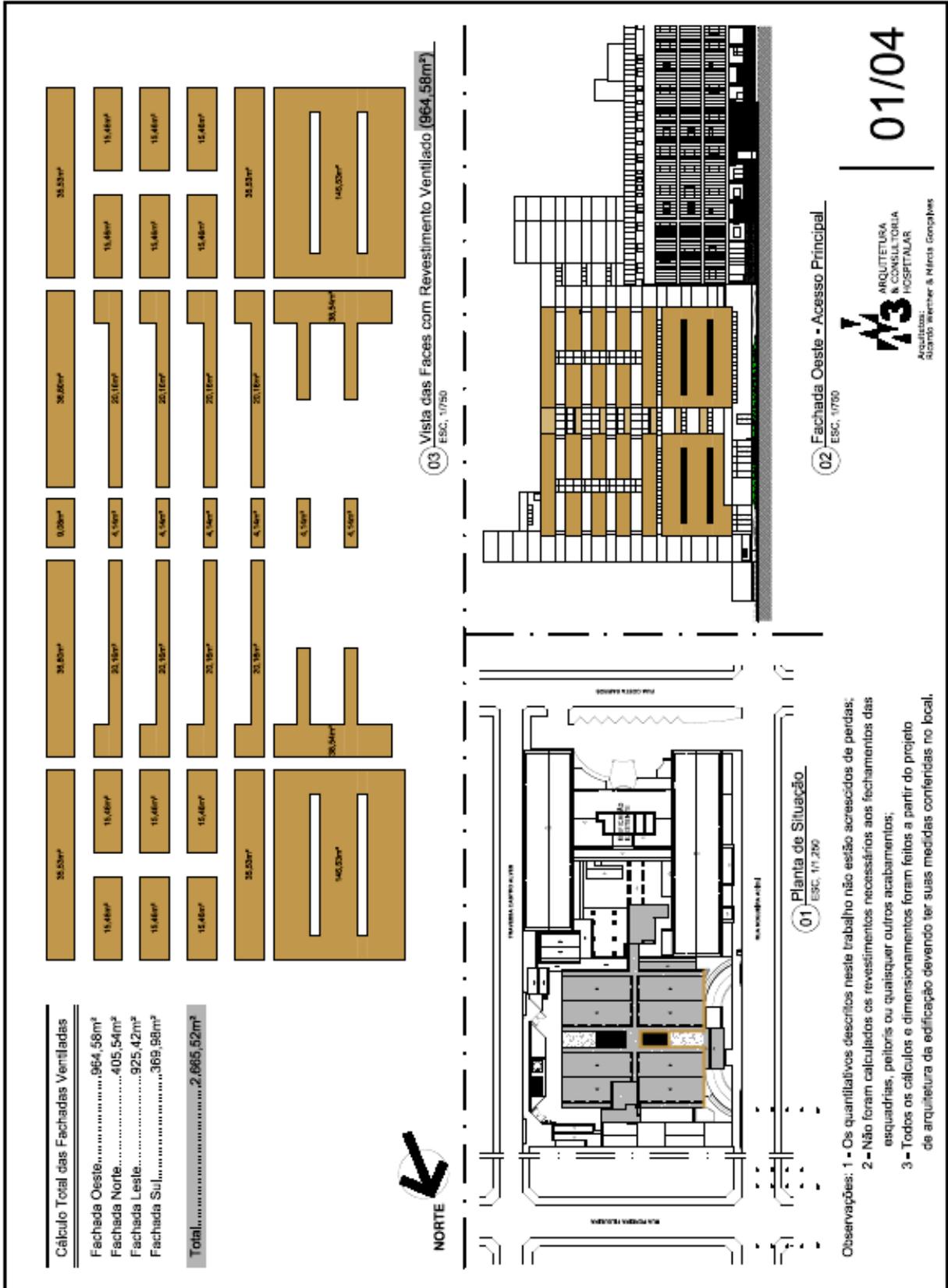
Fachada Ventilada

13. Quais são todos os materiais e as etapas necessários para executar a fachada ventilada? (cerâmica extrudada, porcelanato)
14. Quanto desses materiais é usado por unidade de área?
15. Qual o preço de cada componente?
16. Qual a preparação que deve ser feita na parede antes de receber o revestimento?
17. Qual o preço dessa preparação?
18. Quanto tempo leva para revestir uma fachada desse tipo (área por dia)?
19. Qual o nível de desperdício desse tipo de revestimento (porcentagem)?
20. Quantos funcionários são necessários para executar?
21. Qual o custo com essa mão de obra?
22. Qual o intervalo para manutenção na fachada?
23. O que deve ser feito durante a manutenção?
24. Qual o custo dessa manutenção (discriminado por etapa)?

Questões extras

25. Qual a ordem de grandeza da área de uma fachada de edifício?
26. Há alguma área limite onde fazer uma fachada ventilada se torne mais vantajosa que uma com revestimento aderido?

ANEXO A – EXEMPLO DE FOLHA DE PROJETO DE FACHADA VENTILADA COM CERÂMICA EXTRUDADA



Fonte: Hospital São Camilo (Fortaleza).