

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

CÁTIA ALEXANDRA PACHECO BRANCO CHAIBEN

**SISTEMA DE ISOLAMENTO TÉRMICO DE FACHADAS PELO
EXTERIOR (ETICS): AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE VIABILIDADE
PARA SUA APLICAÇÃO NO BRASIL**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA - PR
2014

CÁTIA ALEXANDRA PACHECO BRANCO CHAIBEN

**SISTEMA DE ISOLAMENTO TÉRMICO DE FACHADAS PELO
EXTERIOR (ETICS): AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE VIABILIDADE
PARA SUA APLICAÇÃO NO BRASIL**

Monografia de Especialização apresentada ao Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de “Especialista em Construções Sustentáveis”.

Orientador: Prof. José Alberto Cerri

CURITIBA - PR
2014

Ao leitor, estudante, curioso,
intrépido, inquieto e ávido por conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Ao professor José Alberto Cerri, agradeço pelas aulas e trabalhos requisitados durante o Curso de Especialização em Construções Sustentáveis, pois neles encontrei a inspiração para o tema deste estudo. Agradeço também pelo tempo e empenho despendidos na orientação desta monografia.

Aos escritórios de arquitetura brasileiros onde trabalhei, agradeço pela experiência no mercado nacional e por me elucidarem sobre as lacunas de isolamento térmico das edificações no mesmo.

À minha família, agradeço pelo apoio incondicional, principalmente aos meus pais, por sempre me incentivarem na busca por mais conhecimento, e ao meu marido, pela paciência de ficar sem a companhia da esposa todas as sextas e sábados, durante um ano.

Aos meus colegas de curso, agradeço por ajudarem a transformar os fins-de-semana intensivos de aulas e trabalhos em momentos divertidos.

“If you always do what you always
did, you will always get what you always got.”

(ALBERT EINSTEIN)

RESUMO

CHAIBEN, Cátia A.P.Branco. **Sistema de isolamento térmico de fachadas pelo exterior (ETICS)**: Avaliação preliminar de viabilidade para sua aplicação no Brasil. 2014. 71f. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014

Esta pesquisa é um estudo preliminar do sistema de isolamento térmico de vedações verticais, aplicado pelo exterior, denominado de ETICS. Esta tem como objetivo, avaliar a viabilidade de implantação e corrente utilização do sistema no mercado brasileiro. Através do método análogo, procurou-se apontar, em diversas vertentes, condicionantes como normas, clima e economia, bem como mais-valias e problemas enfrentados e relatados pelos países que utilizam o sistema regularmente. Desta forma, e como resultado dessa pesquisa, conclui-se que em termos dos materiais utilizados, estes existem no Brasil, só necessitam ser adaptados. Em termos de técnicas, deve existir uma standardização e devem ser feitos cálculos por especialistas. Relativamente a normas referentes a isolamento térmico em edificações, ainda se contemplam poucas soluções viáveis, sendo que o ETICS tem potencial para se tornar uma delas. Em questões climáticas, o ETICS demonstra ser adaptável a várias variações térmicas, quer sejam extremos de frio quer de calor. Economicamente, estipula-se um aumento do custo da obra, no global, considerando o tipo de construção típica atual. Culturalmente prevê-se uma aceitação fácil, uma vez que o aspeto de uma fachada revestida com ETICS é igual a uma pintura sobre reboco simples.

Palavras-chave: isolamento térmico, ETICS, transmitância térmica, isolamento em fachadas, parede composta.

ABSTRACT

CHAIBEN, Cátia A.P.Branco. **Exterior thermal insulation system for façades (ETICS):** preliminary evaluation of feasibility for implementation in Brazil. 2014. 71p. Monograph (Specialization in Sustainable Constructions) – Federal Technology University of Paraná. Curitiba, 2014

This research presents a preliminary study of a wall thermal insulation system, applied on the exterior, called ETICS. It aims to evaluate the feasibility of the introduction and widespread use of the system in the Brazilian market. Through an analogous method, it is pointed out, in various areas, constraints such as rules, climate and economy, and the gains and problems encountered and reported by other countries that are using the system on a regular basis. Thus, this research concludes that in terms of the applied materials, they exist in Brazil, needing only to be adapted. In terms of techniques, there should be implemented a standardization method and calculations should be made by experts. For legislation issues, related to thermal insulation in buildings, only a few viable solutions are contemplated, and ETICS has the potential to become one. On climate issues, the ETICS proves to be adaptable to various temperature changes, whether extreme cold or heat. Economically, it was estimated an increase in the total cost of the building, overall, considering the type of current typical construction. Culturally is expected an easy acceptance, because the appearance of the facade coated with ETICS is similar to a finish painting on simple plaster.

Keywords: thermal insulation, ETICS, thermal transmittance, façades insulation, composite wall.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Dolmen Megalítico, Alcalar, Portimão, Portugal	16
Figura 2 - Catedral de Colônia, Alemanha, exemplar do estilo gótico, séc. XI	17
Figura 3 - Palácio de Cristal, Londres, arquitetura do ferro e do vidro, 1851	17
Figura 4 - Fachada de edifício habitacional, Hong Kong, China, 2006	18
Figura 5 - Imagem publicitária de aparelhos de ar-condicionado domésticos, EUA, meados do séc.XX	19
Figura 6 - Corte axonométrico esquemático de fachada em pedra, ilustrando o edifício típico burguês português, do séc. XVIII	20
Figura 7 - Ilustração demonstrativa da evolução das paredes externas, no quadro geral europeu	20
Figura 8 - Construção de Pau-a-Pique, típico da época colonial	21
Figura 9 - Corte esquemático genérico de parede dupla de alvenaria com caixa-de-ar	23
Figura 10 - Ilustração do encontro de uma parede dupla com caixa-de-ar com uma esquadria	23
Figura 11 - Detalhe genérico, em corte, do encontro de uma fachada ventilada com uma esquadria	24
Figura 12 - Ilustração de um trecho de fachada ventilada	25
Figura 13 - Esquema de composição de camadas do EIFS	28
Figura 14 - Esquema de composição de camadas do ETICS	29
Figura 15 - Esquema ilustrativo da variação de temperatura, comparando soluções de isolamento colocado pelo interior e pelo exterior	29
Figura 16 - Esquema comparativo do comportamento térmico dos sistemas de isolamento em paredes de alvenaria cerâmica	30
Figura 17 - Cortes esquemáticos de soluções de isolamento térmico com e sem ponte térmica	31
Figura 18 - Queda quase integral do sistema ETICS, devido à insuficiência de cola aplicada entre as placas de isolamento e a parede de base	33
Figura 19 – Incêndio fatal num edifício, em 2010, em Dijon (França)	33
Figura 20 – Detalhe do sistema de fixação	38
Figura 21 – Ilustração do método de aplicação da argamassa colante em uma placa de EPS .	39
Figura 22 - Esquemas de deformação das placas de isolamento	40
Figura 23 - Bucha em PVC para fixação mecânica das placas de isolamento	40
Figura 24 - Esquema de posicionamento dos pinos de fixação	41
Figura 25 - Variação de material nas placas de isolamento	41
Figura 26 - Tipos de encaixe entre placas de EPS	42
Figura 27 - Ranhuras nas placas do isolante para aderências à argamassa colante e à camada de base	43
Figura 28 - Detalhe das várias camadas que configuram o sistema de revestimento delgado .	43
Figura 29 - Solução de aresta de um edifício, com reforço através da aplicação de uma cantoneira e da sobreposição da rede de fibra de vidro	44
Figura 30 - Solução de reforço de armadura nos cantos de um vão, com faixas de rede normal, coladas sobre o isolante	44
Figura 31 – Exemplos de revestimento texturizado	45
Figura 32 - Detalhe das camadas de um sistema de revestimento espesso, com armação metálica	46
Figura 33 - Placas de EPS, de diversas espessuras e gramaturas	47

Figura 34 - Placas de XPS, de diversas espessuras e formatos	48
Figura 35 - Placas de lã de rocha com recurso a fixação mecânica.....	50
Figura 36 - Mapa climático brasileiro	55
Figura 37 - Divisão territorial brasileira em zonas bioclimáticas.....	56
Figura 38 – Croquis representativos da habitação vernácula, característica de cada clima	58
Figura 39 - Temperatura média anual máxima e mínima, no Brasil	58
Figura 40 - Atlas europeu da média anual da umidade relativa do ar	60
Figura 41 - Atlas brasileiro da média anual da umidade relativa do ar	61
Figura 42 - Teste de resistência ao choque.....	64
Figura 43 - Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, em Portugal.....	64
Gráfico 1 - Percentual de incidência de patologias no ETICS	30
Quadro 1 – Condutibilidade térmica dos materiais	22
Quadro 2 – Comparação de características entre as 3 soluções de isolamento térmico citadas	26
Quadro 3 - Caraterísticas genéricas do EPS, no mercado brasileiro	48
Quadro 4 - Caraterísticas genéricas do XPS, no mercado brasileiro.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÔNIMOS E SIGLAS

ABREVIATURAS

Séc.	Século
mm	Milímetros
cm	Centímetros
n°	Número
Vol.	Volume
Pav.to	Pavimento
Agl.	Aglomerado
Nbr	Norma Da Associação Brasileira De Normas Técnicas
En	Norma Europeia

ACRÔNIMOS

ISO	International Organization for Standardization
ETICS	External Thermal Insulation Composite Systems
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar-condicionado
EIFS	Exterior Insulation Finishing System
EIMA	EIFS Industry Members Association
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Portugal)
PET	Politereftalato de etileno
EOTA	European Organization for Technical Approvals
ETAG	European Technical Approval Guideline
ETA	European Technical Approval
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia

SIGLAS

EUA	Estados Unidos da América
EPS	Expanded Polystyrene
XPS	Extruded Polystyrene
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
RCCTE	Regulamento de Característica de Comportamento Térmico em Edifícios
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LISTA DE SÍMBOLOS

(%)	Percentual
Kg/m ³	Quilograma por metro cúbico
°C	Graus Celsius
CO ₂	Dióxido de carbono
W/mk	Watts por metro kelvin
(±)	Aproximadamente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMA	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	11
1.3 OBJETIVO.....	12
1.4 METODOLOGIA	12
1.5 ESTRUTURA	12
2 ESTADO DE ARTE	14
2.1 ISOLAMENTO TÉRMICO EM PAREDES EXTERNAS	14
2.1.1 Conceitos Gerais	14
2.1.2 Evolução das Soluções.....	16
2.1.3 Práticas Atuais	22
2.2 SISTEMA ETICS.....	27
2.2.1 Funcionamento.....	28
2.2.2 Vantagens e Desvantagens.....	30
3 METODOLOGIA.....	35
3.1 CARACTERIZAÇÃO E PROCEDIMENTOS DA PESQUISA	35
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	37
4.1 TIPOLOGIAS E MATERIAIS	37
4.1.1 Tipologia 1 – Sistema de Revestimento Delgado sobre Isolante.....	37
a) Suporte	38
b) Sistema de fixação	38
c) Isolante	41
d) Camada de base e armação	43
e) Acabamento.....	44
4.1.2 Tipologia 2 – Sistema de Revestimento Espesso sobre Isolante	45
4.1.3 Materiais e Técnicas	46
a) Adaptação à produção nacional.....	46
b) Execução e mão-de-obra	50
4.2 LEGISLAÇÃO.....	52
4.2.1 Normas Europeias.....	52
4.2.2 Normas Nacionais.....	54
4.3 CONDICIONANTES CLIMÁTICAS	55
4.3.1 Condições Favoráveis ao Sucesso	57
4.3.2 Condições Favoráveis a Patologias.....	59
4.4 CONDICIONANTES SOCIO-ECONÔMICAS.....	61
4.4.1 Estimativa Genérica de Custos	62
4.4.2 Conforto Visual e Tátil	63
5 CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo debruça-se sobre a temática do isolamento térmico em edificações, sendo o seu enfoque o isolamento térmico em vedações verticais com aplicação pelo exterior, através de sistemas compostos de aplicação *in loco*, denominados ETICS¹.

1.1 PROBLEMA

Este estudo expõe como problemática principal a viabilidade² de utilização de um sistema composto de isolamento térmico de fachadas, aplicado pelo exterior – o ETICS – visto que, na construção brasileira atual, não existe a prática corrente de recorrer a soluções de fachada que contemplem a sua utilização.

1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com a problemática supracitada, o que se tornou o motor de arranque para esta pesquisa foi a lacuna existente, no geral da construção brasileira, de não serem utilizados sistemas de isolamento térmico nas fachadas.

Como para muitas culturas, principalmente de países europeus e norte-americanos, o isolamento térmico e acústico das fachadas é um dado culturalmente adquirido, – mesmo falando de climas muito distintos – é estranho, aos olhos de um estrangeiro, pensar em sistemas construtivos que não englobem esse pensamento. No entanto, no Brasil ainda existe uma reticência por parte dos profissionais em enveredar por estas opções no ato de projetar e construir. Considerando que as questões térmicas e acústicas são essenciais na equação de qualquer construção, cujo interior almeje ser habitável e funcional, é imprescindível incorporar soluções que permitam atingir esse conforto humano, sendo que a utilização de sistemas de isolamento é uma das soluções para atingir uma maior eficiência energética e

¹ ETICS é a denominação comum do sistema, em diversas línguas, no entanto esta é um acrônimo da sua denominação por extenso na língua inglesa, cuja tradução livre é *Sistema Composto de Isolamento Térmico pelo Exterior*.

² No contexto deste estudo, entenda-se viabilidade como a qualidade do que é exequível, o que pode ser realizado. Considerando que, em todos os fatores explorados, existem condicionantes favoráveis e desfavoráveis, serão adjetivados como viáveis aqueles cujos benefícios sejam considerados superiores às desvantagens.

consequentemente um maior conforto do utilizador, seja em ambientes naturais ou climatizados, especialmente nos últimos.

Em particular, o estudo foca os sistemas ETICS, pois estes vêm sendo explorados pelos países estrangeiros como uma evolução dos sistemas de isolamento que se mostra mais eficaz a vários níveis.

1.3 OBJETIVO

Pretende-se, com este estudo, comprovar teoricamente a viabilidade de utilização do sistema ETICS, no mercado construtivo brasileiro, levando em consideração a realidade técnica, econômica e sociocultural.

Em consequência do objetivo principal, pretende-se também criar, com este estudo, uma base de dados relativa ao sistema ETICS, em termos de materiais, composição e aplicação, integrada teoricamente na logística da construção brasileira.

1.4 METODOLOGIA

Considerando que o objetivo do estudo se focaliza numa procura de fundamentos teóricos que respondam à problemática levantada, será conduzida uma linha de pensamento baseada em analogias e deduções entre os tópicos de análise propostos.

1.5 ESTRUTURA

Sendo o estado de arte o capítulo que visa contextualizar o estudo na realidade em que está inserido, neste começa-se por abordar os conceitos gerais de isolamento e a sua função e importância nas construções.

Explora-se também a evolução do isolamento térmico ao longo da história, uma vez que analisando as técnicas passadas clarifica-se o porquê das atuais. Sendo que, nas técnicas atuais, se torna imprescindível focar, ainda que genericamente, os métodos internacionais e o que se vem realizando hoje no Brasil.

No desenvolvimento do trabalho, procura-se primeiramente aprofundar o estudo do que é o sistema ETICS, como é constituído e executado. A partir dessa base, foca-se a pesquisa em pontos fulcrais para adaptação do sistema ao contexto nacional. Inicialmente apontam-se materiais e técnicas, onde se pretende explorar os materiais de origem nacional, que tornem viável a utilização do ETICS no Brasil, bem como as técnicas e a adaptação à

mão-de-obra local. Consideram-se também os fatores legais, pois cada país obedece a normas estipuladas em função de várias condicionantes internas, sejam elas culturais, geográficas ou económicas e tal acaba por influenciar as escolhas de materiais e as formas de execução. Discriminam-se, posteriormente, os fatores climáticos que mais influenciam o sistema e assim, comparam-se climas de países que utilizam o sistema com o clima brasileiro, a fim de se poder observar que particularidades do sistema não sugerem uma necessidade de mudança, e quais necessitariam de uma adaptação para se tornarem viáveis. Por último, um enfoque nos fatores económicos e culturais, que acabam por ser interligados e até dependentes, pois a importância de ambos na avaliação de adaptabilidade do sistema ao país acaba por ser baseada na interpretação ou valorização/aceitação que a população possa ter.

2 ESTADO DE ARTE

A fim de contextualizar o presente estudo, em torno de um particular sistema de isolamento térmico aplicado a vedações verticais (sistema ETICS) torna-se necessário ter por base os conceitos gerais relativos às soluções construtivas para paredes externas.

Posteriormente, será abordado o sistema ETICS, em termos conceituais e funcionais, bem como os prós e contras associados à sua aplicação.

2.1 ISOLAMENTO TÉRMICO EM PAREDES EXTERNAS

Considerando que as características primordiais de uma parede externa se prendem a vários fatores, desde proporcionar estabilidade em relação à ação dos ventos, à deformação da estrutura causada por sobrecargas, à deformação térmica devido à falta de juntas de dilatação ou de variações muito acentuadas, a recalques no terreno, entre outros, existem inúmeras soluções que vêm sendo adotadas ao longo do tempo.

Torna-se, por isso, imprescindível referenciar as soluções e técnicas de isolamento, que vêm sendo utilizadas, tanto nos países estrangeiros, como no Brasil, bem como a sua evolução ao longo do tempo.

2.1.1 Conceitos Gerais

O isolamento térmico³ desempenha um papel fundamental na constituição da parede externa de um edifício. De acordo com Primo (2008), este é o componente que ajuda a reduzir as perdas térmicas – “transferência de energia térmica do interior para o exterior do edifício” – e os ganhos indesejados de calor, “reduzindo a condução, a convecção e efeitos de radiação, influenciando diretamente a temperatura interior dos edifícios”.

Considerando as soluções padrão de vedações verticais praticadas na atualidade, pode-se considerar que o efeito de redução das transferências térmicas induz uma melhoria, tanto ao nível do utilizador, que se verá introduzido num ambiente mais confortável, como a

³O isolamento térmico “de um local é determinado pela resistência que as paredes, o piso e o teto opõem à passagem do calor (permeabilidade ao ar e acumulação térmica). (...) O calor é sempre transferido do corpo de maior temperatura para o de menor (...) até atingir a igualdade de temperatura”. (NEUFERT, 1976)

nível construtivo, uma vez que a durabilidade⁴ dos materiais que constituem o edifício, sendo estes estruturais ou não, acabam por sofrer perdas de qualidade ou danos com o tempo, devido à constante exposição a oscilações térmicas. Neste sentido, segundo Primo (2008), “a durabilidade de materiais e sistemas construtivos utilizados, é fundamental para a capacidade do edifício manter o seu desempenho ao longo de um período esperado”.

Pode-se afirmar ainda que a escolha dos materiais influencia tanto o meio natural, quanto o ambiente interno e a saúde dos utilizadores.

Em termos econômicos, as implicações de utilização de soluções de isolamento térmico, numa determinada edificação, não se resumem apenas ao investimento inicial, mas continuam ao longo da sua vida, considerando que, imediatamente após a sua conclusão, é iniciado o período de vida útil e, nesse momento, desencadeia-se o processo de envelhecimento e conseqüente degradação da edificação.

Ao longo do tempo, intervêm nesse processo de envelhecimento inúmeros fatores, isoladamente ou em conjunto, sendo ele conhecido como ciclo de vida de uma edificação e traduz-se em grandes valores de investimento em manutenção, reparos, substituição de componentes e sistemas dos edifícios, sendo que, “quanto maior for a vida útil dos materiais, menores são as quantidades de resíduos degradados e menor a produção dos seus substitutos. Menores os problemas ambientais, sociais e econômicos” (PEREIRA, 2009). Assim, conforme as características já citadas, os sistemas de isolamento térmico são uma das formas de garantir eficazmente o aumento dessa durabilidade.

Além da durabilidade, também a ideia de eficiência energética está intimamente ligada à utilização de soluções de isolamento térmico, visto que ao climatizar artificialmente um edifício, é necessário incorporar soluções que permitam manter a temperatura gerada. O tema da economia de energia, pode ser observado de forma crescente nas últimas décadas, com o aumento do custo da energia e uma preocupação ambiental cada vez mais alargada, aliados ao aumento das exigências de conforto e à eficiência energética nas habitações como temas cada vez mais atuais, pois “para se atingir a sustentabilidade (...) [é necessário] que a solução construtiva adotada não seja só a mais durável mas também a que possibilite o

⁴ De acordo com a norma ISO, durabilidade é a capacidade do edifício ou dos seus elementos, de desempenhar as funções requeridas durante um determinado período de tempo sobre a influência dos agentes atuantes em serviço (ISO 15686-1, 2011).

equilíbrio entre o montante de recursos investidos e os gastos em energia (...) essencialmente em nível da climatização” (PEREIRA, 2009). Desta forma, contribuindo com a conservação de energia utilizada para climatização nas edificações, os sistemas de isolamento térmico, acabam por desempenhar um papel fundamental neste contexto.

2.1.2 Evolução das Soluções

Desde a pré-história, o homem utiliza recursos para se proteger das intempéries. Evoluindo dos abrigos em cavernas para construções, foi inevitável uma busca intuitiva pelo conforto térmico.

“O abrigo, no que tem de mais básico, não é uma invenção humana; é algo que procuramos instintivamente, como o fazem todos os animais, num mundo que raras vezes está sintonizado de modo preciso com nossas necessidades fisiológicas e sociais.” (ALLEN, 2011)

Tal como os animais que, instintivamente, constroem os seus abrigos (ninhos, tocas, etc.), também o ser humano começou a explorar a potencialidade dos materiais para obter espaços internos confortáveis (Figura 1) que proporcionassem a sobrevivência às mudanças climáticas.



Figura 1 - Dolmen Megalítico, Alcalar, Portimão, Portugal. (AUTORA, 2008)

a) Construção completa, parcialmente soterrada.

b) Corredor de entrada estreito, ladeado por paredes espessas de pedra.

Apesar dos sistemas construtivos terem sofrido uma grande evolução ao longo dos séculos e de terem bases distintas, consoante a cultura do local e o clima, muitas mudanças são globais, em virtude de funcionalidade, estética, simbolismo e tecnologia. Um desses fatores de evolução foi a procura cada vez maior de luz para os espaços internos, o que veio a

influenciar, em paralelo, a evolução estrutural dos edifícios. Ilustrando este pensamento temos a sequência de estilos arquitetônicos dos clássicos gregos e romanos (edifícios fortemente estruturais e pouco abertos), para o estilo românico (com estruturas mais elevadas e mais arejadas), para o gótico (Figura 2), que maximiza a iluminação natural com novas soluções estruturais. Assim, “o uso da luz no espaço reflete o espírito de um período, ficando isso muito claro nos edifícios góticos” (MASCARÓ, 2005) entre outros, até à era contemporânea, na qual é possível caracterizar espaços internos totalmente transparentes.



Figura 2 - Catedral de Colônia, Alemanha, exemplar do estilo gótico, séc. XI (FLICKR, 2014).

O maior marco impulsionador da evolução da arquitetura que busca a luminosidade, veio com o surgimento das *caixas* de vidro e das estruturas metálicas (Figura 3) durante a era industrial.



Figura 3 - Palácio de Cristal, Londres, arquitetura do ferro e do vidro, 1851 (CREASEY, 2014).

No entanto, na era industrial, juntamente com uma nova arquitetura, deve ser considerada a introdução da luz elétrica que, segundo Monteiro (2009), “a partir da segunda metade do século XX, a disponibilidade de uma fonte de luz elétrica cada vez mais eficiente, a eletricidade abundante e logo barata, e a suposta superioridade qualitativa desta iluminação, fizeram com que o seu uso se vulgarizasse”.

Entretanto, as novas tecnologias permitiam a verticalização dos edifícios cada vez maior e a consequente (e paralela) densificação das cidades, sendo que “a parede de vidro aparece como parte de um período importante da nova arquitetura, que implicava em gastos (quando não desperdício) de energia devido às perdas e ganhos térmicos próprios de sua capacidade térmica, assim como perda de iluminação artificial durante a noite” (MASCARÓ, 2005), fatores esses vencidos com a introdução dos sistemas AVAC⁵ (Figura 4).



Figura 4 – Fachada de edifício habitacional, Hong Kong, China, 2006 (CADMAN, 2006).

“A relação entre o processo de inovação tecnológica e a evolução da produção arquitetônica é significativa quando a questão tecnológica resulta possível de ser incorporada como fato impulsionador do projeto, sobretudo se está destinada a se converter no discurso ideológico da forma” (MASCARÓ, 2005).

Levando em consideração a afirmação de Mascaró (2005), a climatização artificial dos espaços transformou a maneira de pensar, tanto dos usuários como dos projetistas. Começaram a ser possíveis os grandes edifícios totalmente envidraçados, como grandes

⁵ AVAC: Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado

estufas, que devido à climatização, se tornaram espaços agradáveis. O mesmo é válido para espaços internos (Figura 5), que deixaram de ser insalubres graças à ventilação mecânica.



Figura 5 – Imagem publicitária de aparelhos de ar-condicionado domésticos, EUA, meados do séc.XX (STEINMETZ, 2010).

As questões térmicas complexas como alinhamento solar, iluminação, ventilação natural cruzada, isolamento térmico nas paredes e na cobertura, entre outros, muitas vezes demandam mais esforço, soluções mais demoradas, mais dispendiosas e mais espaço. No entanto, ignorar os valores básicos da arquitetura, traz uma grande carga de insustentabilidade às construções.

Em relação às questões de isolamento térmico, em particular, note-se que, ao haver um desperdício de calor, causado por perdas térmicas, ou um ganho de calor indesejado, por uma ineficiente barreira térmica, originados pela não utilização de qualquer recurso de isolamento eficiente, surgem duas situações de possível resolução. Podem ser reforçados os sistemas de climatização artificiais, elevando o gasto energético, ou pode ser reduzido o conforto humano no interior da edificação, sendo que nenhuma das duas se coadune com uma prática de construção sustentável. Não esquecendo que devem levados em consideração outros fatores nesta mesma equação, como a eficiência energética dos próprios aparelhos de climatização.

Quanto à evolução do método construtivo das vedações verticais, o bloco de pedra maciça foi o material eleito em grande parte da Europa, sendo que as fachadas eram constituídas basicamente por planos únicos e espessos, como ilustrado na Figura 6, num corte genérico da fachada portuense (em Portugal) do séc. XVIII, cujas paredes das edificações mediam, em média, 70 cm de espessura. Dada essa grande massa térmica, e apesar de não possuírem uma solução de isolamento adicional, estas acabavam por ser barreiras térmicas eficientes.

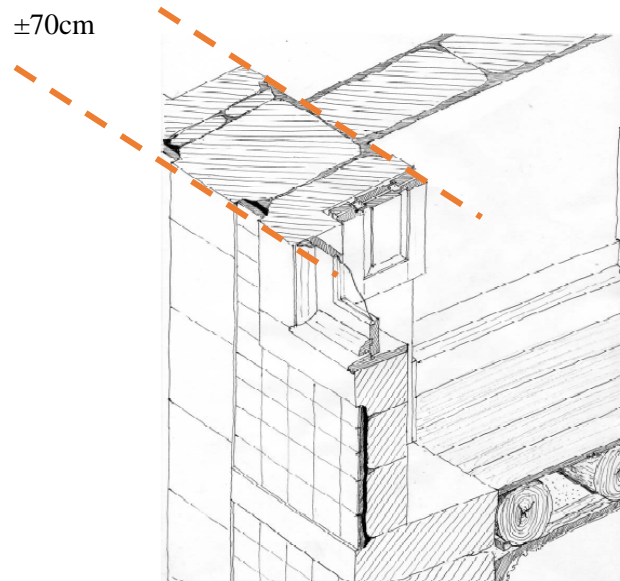


Figura 6 - Corte axonométrico esquemático de fachada em pedra, ilustrando o edifício típico burguês português, do séc. XVIII (TEIXEIRA, 2004).

A partir de meados do século XX, com a disseminação dos sistemas estruturais baseados em pórticos de concreto armado, as paredes das fachadas tornaram-se mais leves e deixaram de desempenhar um papel estrutural. Estas passam a ter apenas as suas funções primordiais de estanqueidade ao ar, impermeabilização e isolamento térmico e acústico. Neste ponto, começam a ser introduzidos novos componentes de reduzida condutividade térmica, sendo que, na Figura 7, pode-se observar a evolução desses componentes, ao longo das últimas décadas, na Europa.

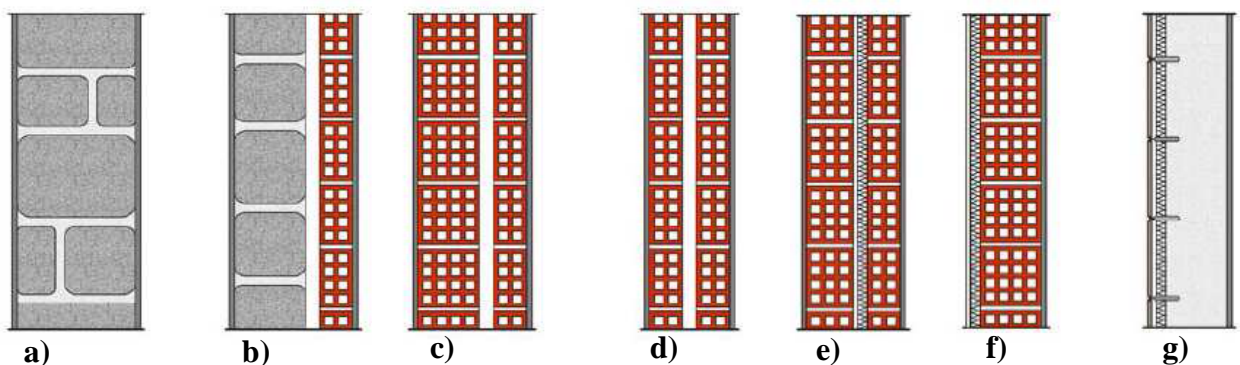


Figura 7 - Ilustração demonstrativa da evolução das paredes externas, no quadro geral europeu. (PRIMO, 2008)

a) Alvenaria de pedra (anos 40); b) parede dupla, alvenaria de pedra pelo exterior, caixa de ar e alvenaria cerâmica (anos 50); c) parede dupla de alvenaria cerâmica com caixa de ar e pano externo mais espesso (anos 60); d) alvenaria dupla cerâmica de panos iguais com caixa de ar (anos 70); e) parede dupla de alvenaria cerâmica com caixa de ar, isolamento térmico e pano externo mais espesso (anos 80); f) parede simples de alvenaria com ETICS (anos 90); g) parede maciça de concreto com ETICS (anos 90)

A nível nacional, levando em consideração que a produção de vedações verticais, até meados do século XIX, não era uma atividade formal pois, majoritariamente, cada indivíduo construía a sua própria casa, segundo Holanda (2003), vivia-se numa “época de primitivismo construtivo”.

No entanto, com a chegada dos colonos, surgiram edificações de influência europeia, principalmente de técnicas portuguesas que se misturaram aos processos já utilizados em território nacional pelo povo indígena. Os principais métodos de vedação vertical eram os “gradeados armados com paus roliços e seu enchimento era feito com barro, galharia e palmas trançadas, ou ainda de taipa e terra” (HOLANDA, 2003).

Posteriormente, surgem as construções em pau-a-pique (Figura 8), adobe e taipa de pilão, nas moradias mais simples. A cantaria de pedra, apesar de ser o principal sistema construtivo português da época, aparece apenas pontualmente, consoante a disponibilidade do material no local.

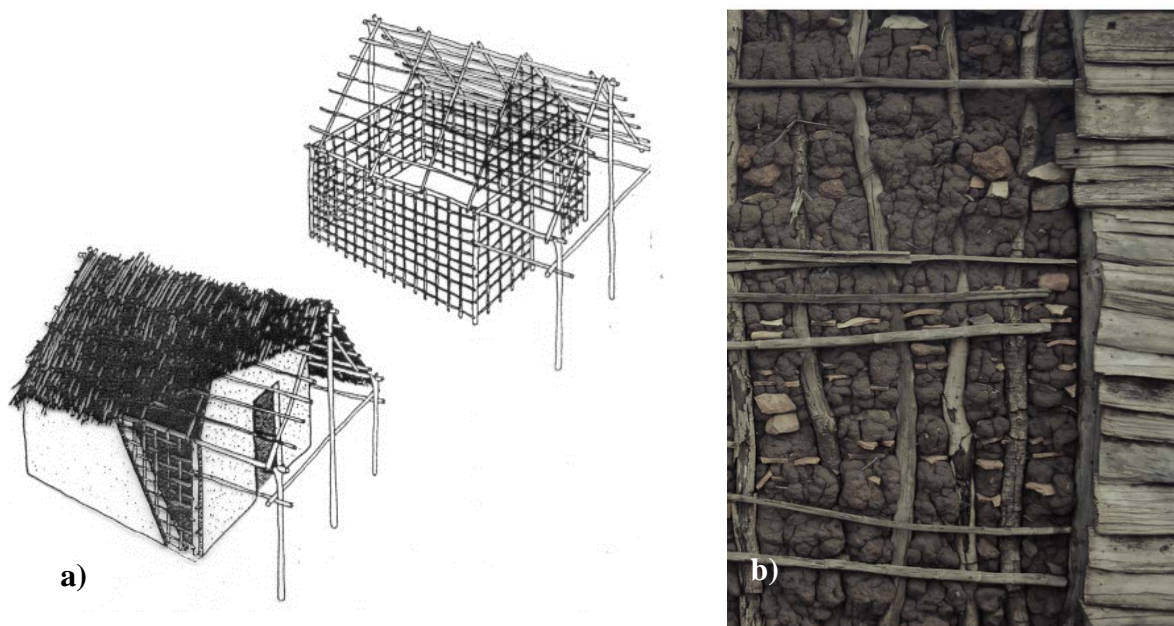


Figura 8 - Construção de Pau-a-Pique, típico da época colonial. (BARDOU, 1983)

- a) ilustração de uma palhoça – estrutura e vedações;
- b) detalhe do enchimento das vedações verticais;

Contudo, a grande herança construtiva portuguesa, em termos de soluções construtivas, prende-se com o atraso térmico que se conferia às paredes, independentemente do material, uma vez que se adaptaram os sistemas já utilizados em Portugal. Considerando assim que “nas épocas mais frias, ou no período noturno, este sistema construtivo mantém o ambiente aquecido por meio da irradiação do calor armazenado durante o dia, ou ainda, por isolar o calor proporcionado pelo fogão a lenha das residências” (RAHAL, 2006). Já na

adaptação desta realidade ao Brasil, segundo Rahal (2006) o atraso térmico foi utilizado como uma mais valia contra as elevadas temperaturas, uma vez que o calor absorvido externamente demorava a penetrar o ambiente interno dando espaço a um resfriamento noturno.

No entanto, houve uma grande estagnação na perspectiva evolutiva das técnicas de construção. Apenas a partir do século XIX, com a chegada da família real, o início da industrialização e a fundação das primeiras escolas de engenharia é que surgiram as primeiras alvenarias de tijolos, as estruturas metálicas e o concreto armado utilizados até hoje.

Com a introdução de novos materiais, como os blocos de concreto simples ou os blocos de concreto celular autoclavado, desenvolvidos em panos de parede simples, sem recorrer a técnicas de isolamento térmico, e considerando a diminuição da espessura das paredes e a maior condutibilidade térmica dos materiais em questão (Quadro 1), pode-se afirmar que houve uma perda no conforto térmico do ambiente construído.

Quadro 1: Condutibilidade térmica⁶ dos materiais.

Material	Taipa/Pau-a-Pique	Concreto	Metal
Condutibilidade térmica (W/m°C)	(±) 0.1 a 1	(±) 0.5 a 2	(±) 35 a 370

2.1.3 Práticas Atuais

A performance energética de um edifício que, até há pouco tempo, não era muito considerada, tem-se tornado cada vez mais importante, devido a restrições ambientais, ao custo, cada vez mais elevado, da energia e até ao marketing ambiental.

Muitos países investem em novas técnicas de isolamento, cada vez mais eficientes, que funcionem em todos os componentes do edifício – piso, paredes e cobertura. No entanto,

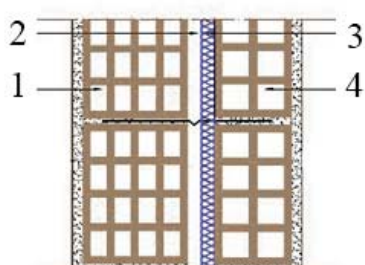
“A melhoria do comportamento térmico das paredes da envolvente ⁷ é uma das principais preocupações como forma de assegurar os níveis de conforto térmico considerados razoáveis e limitar os consumos de energia em aquecimento ou refrigeração. Esta melhoria tem também efeitos na defasagem da onda de calor e na não ocorrência nos paramentos interiores de umidade de condensação por requisitos de durabilidade e conforto.” (SOUSA, 2002)

⁶ Quadro de valores elaborado de acordo com PROTOLAB (2014) e Correia da Silva (2012).

⁷ *Paredes da envolvente* é uma expressão, do português de Portugal, utilizada para denominar as vedações verticais externas de um edifício.

Assim, as soluções de isolamento térmico mais utilizadas continuam a ser a clássica parede dupla e os recentes sistemas de isolamento pelo exterior, sejam as fachadas ventiladas ou os sistemas tipo ETICS.

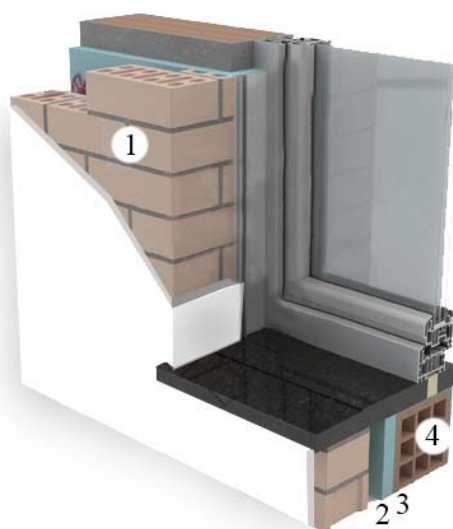
Dentro das soluções de alvenaria, seja de bloco cerâmico ou de concreto, os métodos mais recorrentes de isolamento térmico e acústico consistem na duplicação do pano de alvenaria simples, dando origem a um espaço intermédio, denominado de “caixa-de-ar”, que pode ser parcialmente preenchido por algum material isolante (Figura 9 e 10). De acordo com Sousa (2002), nas paredes duplas de tijolos cerâmicos, de furação horizontal, que visam ser revestidas, o pano mais espesso não ultrapassa os 15 cm e o isolamento é feito em placas ou através de projeção, preenchendo parte da caixa-de-ar.



Legenda:

1. Pano externo de alvenaria simples,
2. Caixa-de-Ar,
3. Isolamento térmico,
4. Pano interno de alvenaria simples.

Figura 9 – Corte esquemático genérico de parede dupla de alvenaria com caixa-de-ar. (VALE DE GÂNDARA, 2014)



Legenda:

1. Pano externo de alvenaria simples,
2. Caixa-de-Ar,
3. Isolamento térmico,
4. Pano interno de alvenaria simples.

Figura 10 – Ilustração do encontro de uma parede dupla com caixa-de-ar com uma esquadria. (VALE DA GÂNDARA, 2014)

As desvantagens deste método residem no fato de que “estas paredes são em geral pouco cuidadas ao nível da ligação à estrutura, conexões entre panos, drenagem da caixa-de-ar, fixação e posicionamento do isolamento térmico e pontes térmicas” (SOUSA, 2002).

Outra vertente de paredes duplas de alvenaria cerâmica é aquela em que o pano exterior se destina a ser aparente, que tanto pode ser realizado em tijolo cerâmico maciço como em blocos de concreto. Neste sistema, o pano interior, formado por tijolos cerâmicos de furação horizontal, varia entre os 11 e 15 cm de espessura. No entanto os métodos e materiais de isolamento térmico podem ser os mesmos utilizados no sistema de parede dupla convencional.

A utilização do concreto, nestes sistemas, aparece em menor escala e, em geral, apenas quando se pretende tirar partido da parede como elemento estrutural sendo correntemente o pano interior em tijolos cerâmicos de furação horizontal.

Entretanto, as soluções construtivas para paredes exteriores têm evoluído no sentido destas serem cada vez menos espessas, mais leves e formadas por camadas com funções específicas, sendo que neste conceito vem-se trabalhando com as fachadas ventiladas e com o ETICS, este último apenas a nível internacional.

Tal como os sistemas ETICS, a fachada ventilada é caracterizada por ser um sistema de isolamento pelo exterior, evitando pontes térmicas, permitindo reformas em edifícios já existentes e dotando os espaços internos de maior qualidade e conforto. Assim:

“a fachada ventilada pode ser definida como um sistema de proteção e revestimento exterior de edifícios, caracterizado pelo afastamento entre a parede do edifício e o revestimento, criando assim, uma lâmina de ar, que permite a ventilação natural da parede, sendo a condição essencial para o bom funcionamento do sistema.” (PRIMO, 2008)

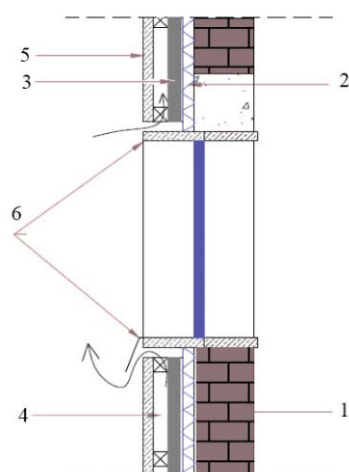
O sistema de fachada ventilada tem por base um pano de parede simples (Figura 11 e 12, nº1), que pode ser de alvenaria cerâmica ou de concreto.

Na parede de suporte, é fixada uma camada de isolamento térmico (Figura 11 e 12, nº2), com uma cobertura contínua da superfície.

Entre o revestimento / estrutura de suporte do revestimento externo e o isolamento, é formada por uma lâmina de ar (Figura 11 e 12, nº3), com uma espessura que varia, normalmente, entre 5 a 15 centímetros, com o objetivo de criar uma ventilação vertical contínua, por meio do efeito chaminé.

A estrutura de suporte (Figura 11 e 12, nº4) ao revestimento externo, que é fixado mecanicamente, deve ser de alta resistência e pode variar entre aço inox, aço galvanizado, alumínio ou madeira. A sua função reside em absorver as irregularidades da parede de suporte ao mesmo tempo em que cria um afastamento para possibilitar a supracitada ventilação.

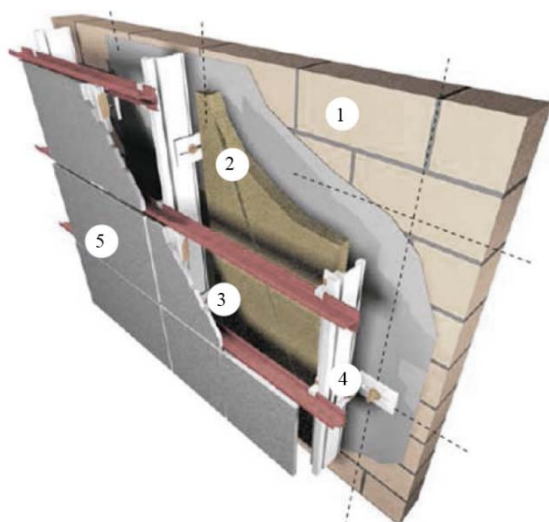
Por fim, a fachada ventilada é formada por um revestimento exterior descontínuo e não isolante (Figura 11 e 12, nº5), fixado à estrutura de suporte que, para além da função estética, desempenha o papel de impermeabilização da parede. Nele são utilizados os mais diversos materiais, como placas de concreto polímero, placas de alumínio, chapas de vidro, placas de pedra natural, placas cerâmicas ou painéis de madeira e resinas, sendo que a grande vantagem deste revestimento descontínuo é a manutenção, pois cada placa pode ser substituída individualmente.



Legenda

- 1.Parede de suporte de pano simples;
- 2.Isolamento térmico contínuo;
- 3.Lâmina vertical de ar;
- 4.Estrutura de suporte ao revestimento fixada à parede;
- 5.Revestimento exterior descontínuo;
- 6.Peitoril / Verga como barreira de

Figura 11 - Detalhe genérico, em corte, do encontro de uma fachada ventilada com uma esquadria (PRIMO, 2008).



Legenda:

- 1.Parede de suporte de pano simples;
- 2.Isolamento térmico contínuo;
- 3.Lâmina vertical de ar;
- 4.Estrutura de suporte ao revestimento fixada à parede;
- 5.Revestimento exterior descontínuo;

Figura 12 –Ilustração de um trecho de fachada ventilada (PRIMO, 2008).

Considerando a parede dupla e a fachada ventilada como as principais ou mais usuais soluções utilizadas para conferir isolamento térmico às vedações verticais, no Quadro 2

comparam-se algumas características básicas entre elas e o ETICS, a fim de criar uma linha de referência de uma solução em relação às outras.

Quadro 2: Comparação de características entre as 3 soluções de isolamento térmico citadas.

Sistema	Parede dupla	Fachada ventilada	ETICS
Características Gerais			
Espessura relativa	Espesso	Espesso/Médio*	Médio/Fino*
Leveza relativa	Pesado	Pesado/Médio*	Leve
Custo relativo	Médio	Elevado	Baixo
Características Específicas			
Função do Isolante	Térmico	Térmico e Acústico	Térmico e Acústico
Processo de Fixação	Colagem	Fixação mecânica	Colagem e/ou Fixação mecânica
Elementos de Impermeabilização	Revestimento sobre alvenaria externa	Revestimento destacado por lâmina de ar	Revestimento armado sobre isolante
Resolução da dilatação e contração	Não se aplica por não ser contínuo	Absorvidas pela geometria de ligação do revestimento à estrutura	Compatibilização entre revestimento e isolante
Dificuldades de aplicação	Eliminar pontes térmicas	Fachadas com muitos vãos	Superfície de base muito irregular

*Variável consoante o material e as necessidades do edifício

No Brasil são utilizados vários materiais para vedações verticais, pré-fabricados ou moldados *in loco*, como as alvenarias de tijolo cerâmico ou de blocos de concreto, as alvenarias estruturais, os painéis para *wood frame* e *steel frame* e as fachadas ventiladas.

Apesar dos materiais utilizados não se distanciarem muito dos materiais utilizados em países estrangeiros, as técnicas diferem bastante, no sentido em que os sistemas de vedação vertical baseados em alvenarias são compostos, normalmente, por paredes de pano simples sem recorrer a soluções de isolamento térmico. Sendo majoritariamente os sistemas de *wood frame* e *steel frame*, aqueles que são formados por várias camadas. No entanto, os *sandúiches* de materiais que compõem estes sistemas pré-fabricados acabam muitas vezes por apostar em materiais de isolamento com melhor desempenho acústico do que térmico.

2.2 SISTEMA ETICS

O sistema denominado de “External Thermal Insulation Composite System” (ETICS), de acordo com vários autores, como Primo (2008) e Freitas (2008), surgiu na Europa, depois da Segunda Guerra Mundial, quando a situação econômica se encontrava difícil, devido aos custos crescentes de aquecimento dos edifícios e à escassez de combustível. Tornou-se então necessário reduzir o consumo de energia aplicando técnicas mais eficazes de isolamento térmico às fachadas.

De acordo com Pinto (2011), surgiu na Suécia, nos anos 40, um sistema de isolamento externo de fachadas composto por lã mineral revestida com um reboco de cimento e cal. Mais tarde, o químico suíço Edwin Horbach, aparece referenciado por alguns autores como Pinto (2011) ou Oliveira (2011), como sendo o criador do sistema que viria a utilizar poliestireno sob um reboco flexível reforçado.

No entanto, o sistema ETICS, caracterizado pelo uso de placas de EPS sob reboco armado, viria apenas a ser comercializado uma década mais tarde, na Alemanha, razão pela qual, alguns autores⁸, atribuem o seu surgimento a essa fase. Só na década de 70 se verificou uma expansão acentuada por toda a Europa, tendo sido verdadeiramente assimilado como um sistema corrente até à década de 90.

Outros termos mais populares como capoto, reboco armado e reboco térmico, também são utilizados para fazer referência a este mesmo sistema. Nos Estados Unidos da América o sistema foi denominado de “Exterior Insulation and Finishing System” (EIFS), no entanto, a sua aplicação é largamente associada aos sistemas construtivos pré-fabricados (*wood e steel frames*), como representado na Figura 13.

De acordo com a EIMA⁹ (2014), o EIFS é um sistema de revestimento, não estrutural, que consiste na aplicação de painéis de isolamento fixos, mecanicamente ou com

⁸Segundo Pereira (2009), “a sua primeira aplicação ocorreu na Alemanha e data da década de 50 do século XX, sendo aplicado nos Estados Unidos da América na década seguinte”.

⁹ EIMA – EIFS Industry Members Association

cola, a um painel base¹⁰ que, tal como demonstrado na Figura 13, podem ser placas de fechamento de uma estrutura pré-fabricada, no caso, de *steel frame*.

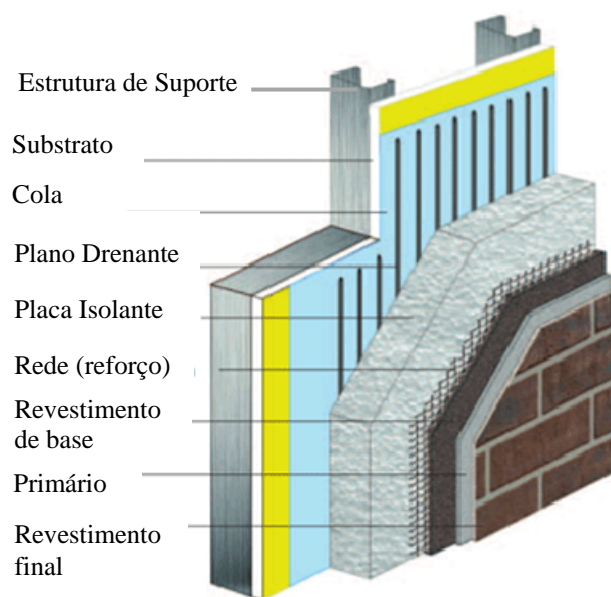


Figura 13 - Esquema de composição de camadas do EIFS (EIMA, 2014).

No mercado brasileiro, apesar de ainda não estar disseminado como uma técnica de isolamento eficiente, as poucas empresas que trabalham com sistemas compostos de isolamento, adotaram a denominação americana - EIFS.

2.2.1 Funcionamento

ETICS é um sistema formado por várias camadas de materiais que compõem um revestimento estanque com função de isolamento térmico e acústico (Figura 14).

O isolamento térmico em paredes externas é mais eficiente quanto mais próximo este estiver do exterior. O que normalmente acontece em sistemas de parede dupla é que a fiada de tijolo mais espessa fica do lado exterior, para que a estrutura (pilar/viga) não fique totalmente vulnerável, uma vez que o isolamento é colocado apenas nos fechamentos. Desta forma, o material de isolamento acaba por não conseguir atingir uma eficiência tão elevada, visto que a maior massa fica exposta aos efeitos climáticos, acabando por comprometer mais facilmente o bloqueio de transferências térmicas entre interior e exterior.

¹⁰ Citação original: EIFS “is a non-load bearing, exterior wall cladding system that consists of an insulation board attached either adhesively or mechanically, or both, to the substrate; an integrally reinforced base coat; and a textured protective finish coat” (EIMA, 2014).

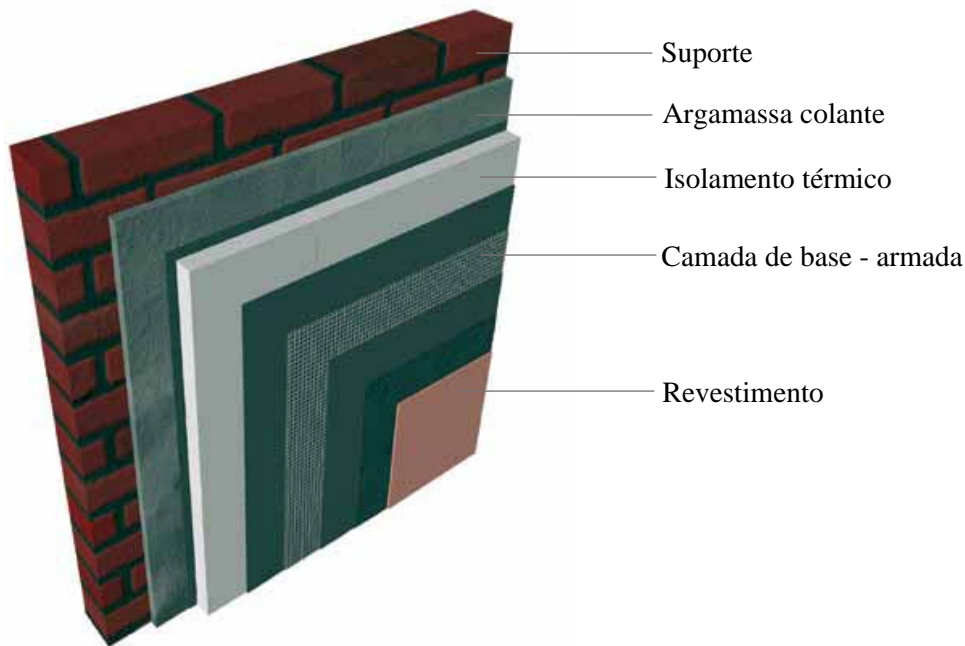


Figura 14: Esquema de composição de camadas do ETICS (PRIMO, 2008).

Na Figura 15, pode-se observar que, atendendo a uma mesma variação de temperatura exterior, as oscilações das temperatura quer do interior, quer da própria parede são menores quando o isolamento se encontra mais próximo da face externa.

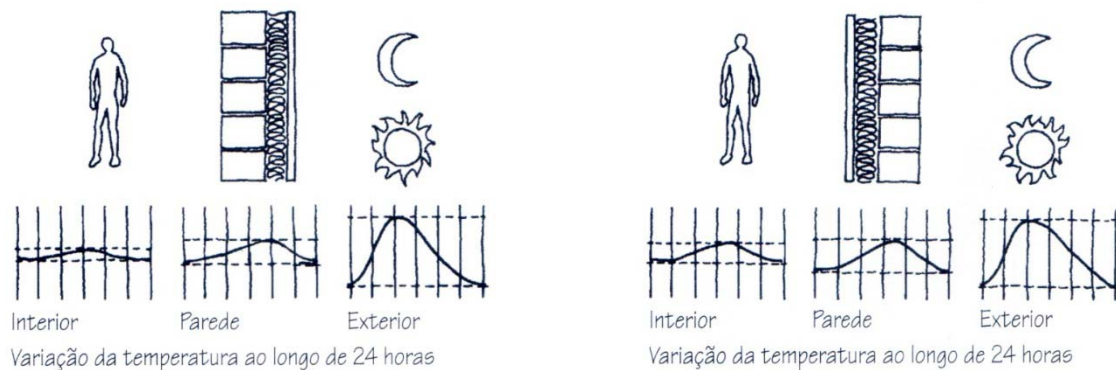


Figura 15 – Esquema ilustrativo da variação de temperatura, comparando soluções de isolamento colocado pelo interior e pelo exterior. (ALLEN, 2011)

Na Figura 16, pode-se observar o comportamento térmico em três soluções de parede externa. A partir de uma mesma temperatura interna de 20°C, como base, verifica-se que a redução da transmissão térmica é mais acentuada (graficamente, não se apresenta linear) ao atingir a camada de isolamento, sendo que, no exemplo central, a parede externa de tijolo demonstra uma transmissão quase linear do pano externo de alvenaria, indicando que este ficou mais exposto a variações térmicas do que o exemplo à direita, com o isolamento pelo exterior.

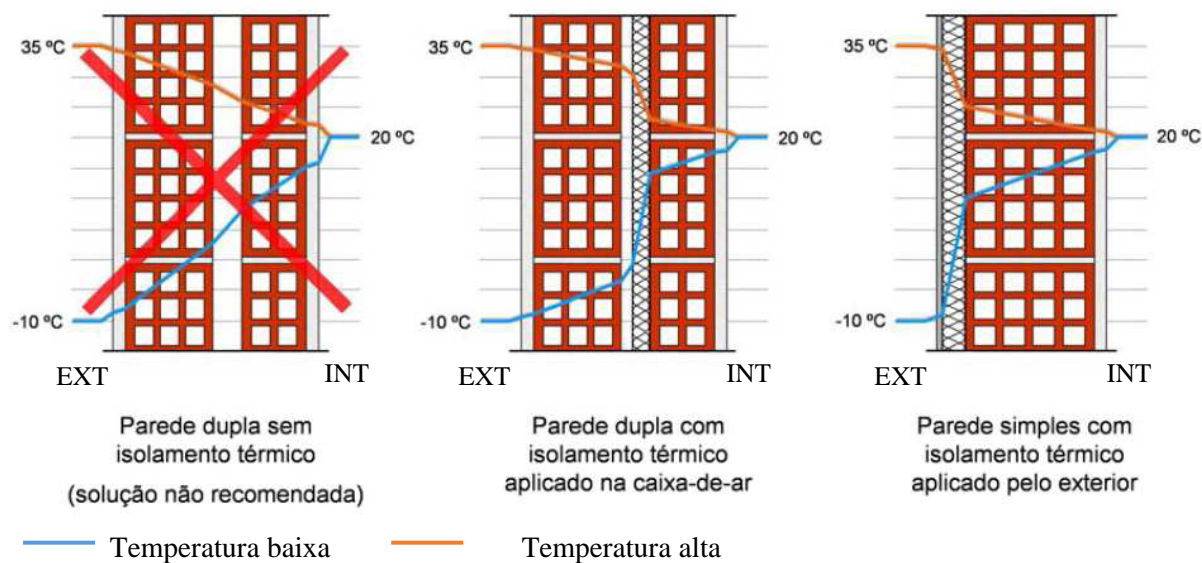


Figura 16 – Esquema comparativo do comportamento térmico dos sistemas de isolamento em paredes de alvenaria cerâmica. (PRIMO, 2008)

De forma genérica, com a utilização de um isolamento térmico procura-se transformar as vedações verticais num sistema eficiente para o edifício, garantindo que não apenas o ar, mas também as paredes, o piso e os tetos estejam à temperatura correta. Essa é a grande diferença deste sistema em relação aos sistemas de isolamento convencionais, de dois panos de alvenaria ou concreto com isolamento no interior, porque ao se posicionar na face externa da parede, o isolamento protege-a de oscilações térmicas,

2.2.2 Vantagens e Desvantagens

Os sistemas de isolamento externos compostos surgiram como uma evolução de outros sistemas de isolamento convencionais já referidos, portanto, apresentam inúmeras vantagens de utilização em relação a esses sistemas.

Vários autores, como Primo (2008), Mascarenhas (2007) ou Florea (2012), citam que as maiores vantagens deste sistema, além das melhorias na eficiência térmica já mencionadas, são as reduções das pontes térmicas¹¹ (Figura 17) na edificação e a redução do peso e espessura das paredes. Estas vantagens acarretam consigo diversos fatores pois, eliminando as pontes térmicas, diminuem-se também as hipóteses de aparecimento de patologias estruturais e não estruturais, como fissuramentos e condensações internas.

¹¹ Uma ponte térmica é toda e qualquer zona da envolvente dos edifícios em que a resistência térmica é significativamente alterada em relação à zona corrente. (FUTURENG, 2014)

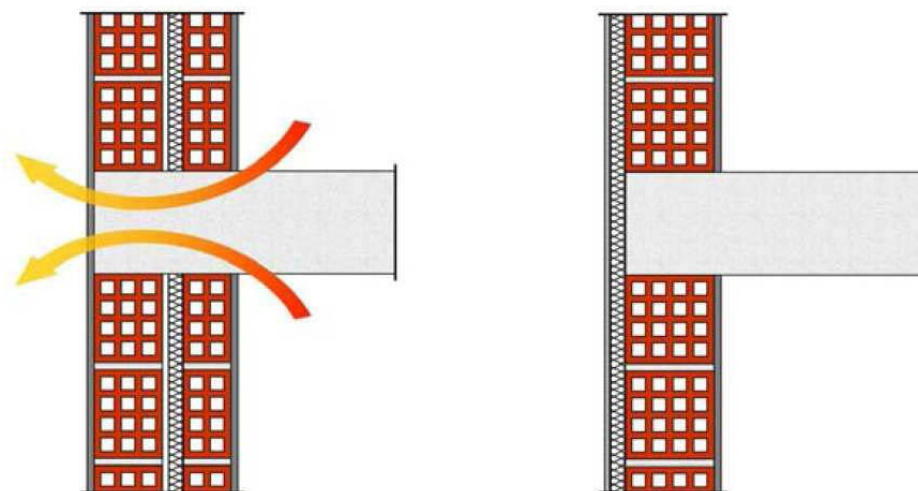


Figura 17 – Cortes esquemáticos de soluções de isolamento térmico com ponte térmica (à esquerda, solução de parede dupla) e sem ponte térmica (à direita, solução ETICS). (PRIMO, 2008)

Em relação à diminuição das paredes, em peso e espessura, pode-se concluir que além da economia do material estrutural (volumétrica e financeiramente) e do esforço humano e mecânico despendidos em obra, também se aumenta o potencial de área útil interna. No entanto, este fator é considerável apenas quando o sistema construtivo é baseado em soluções de parede dupla para isolamento. No caso do Brasil, em que o padrão construtivo é baseado em sistemas de parede simples, normalmente sem recorrer a soluções de isolamento térmico, este fator não surge como uma vantagem, uma vez que não existe uma diminuição de recursos ou materiais, mas sim um acréscimo, pois o sistema visa acrescentar à parede simples de alvenaria uma composição de materiais.

Outra vantagem da utilização dos sistemas ETICS, segundo Silva (2013), é a “economia de energia, devido à redução das necessidades de aquecimento e de arrefecimento do ambiente interno, associado à redução das perdas globais de calor” ou dos ganhos de calor indesejados. Este defende ainda que, o sistema aumenta a durabilidade das fachadas dos edifícios pois os elementos estruturais e de vedação encontram-se protegidos, não só das pontes térmicas, mas do contato direto com intempéries e variações climáticas.

Também de acordo com o relatório de aprovação técnica, elaborado em Portugal pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC):

“Estes sistemas corrigem as pontes térmicas reduzindo o problema das condensações no interior; melhoram o desempenho térmico de Verão, já que permitem que toda a espessura da parede contribua para a inércia térmica; e protegem a estrutura e a alvenaria dos choques térmicos, contribuindo assim para o aumento da durabilidade desses elementos”. (LNEC, 2010)

Em relação a edifícios já terminados, estejam estes desativados ou em pleno funcionamento, a aplicação do sistema ETICS é ainda possível, sendo mesmo uma das suas vantagens – a aplicação pelo exterior. Isso permite que este não seja, obrigatoriamente, uma parte integrante do projeto original do edifício e, como tal, não são necessárias demolições ou alterações no projeto original para que ele possa ser instalado. De acordo com o estudo técnico da MAPEI (2014), “é a solução mais prática para uma melhora imediata no regime energético de um edifício antigo e para a rápida redução de emissões de CO₂ na atmosfera”.

No entanto, como em qualquer solução construtiva, existem situações, procedimentos ou condicionamentos que caracterizam este sistema como desvantajoso em relação a outros, sendo que no Gráfico 1 são apresentados os índices de incidência das principais patologias que afetam o sistema, na Europa.

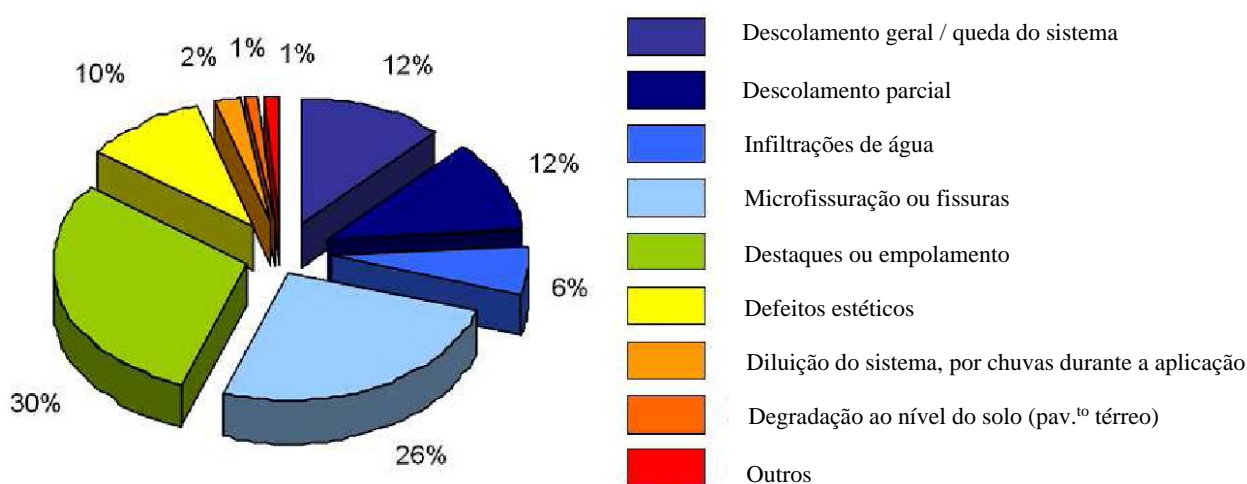


Gráfico 1 – Percentual de incidência de patologias no ETICS (PRIMO, 2008).

Uma das principais patologias decorre do processo de execução, ou seja, se este for mal efetuado, pode conduzir a uma posterior soltura do isolamento em relação à parede (Figura 18), arruinando todo o sistema. Este fator é atenuado quanto mais eficiente for o tipo de fixação do sistema, sendo que a solução que propicia maiores riscos de má execução, seja pela economia na quantidade de material, seja por falta de mão-de-obra especializada, é a fixação apenas com cola.



Figura 18 - Queda quase integral do sistema ETICS, devido à insuficiência de cola aplicada entre as placas de isolamento e a parede de base. (FLOREA, 2012)

Dependendo também do tipo de material utilizado como isolamento, sendo o EPS o mais recorrente, o sistema torna-se mais suscetível à propagação de chamas em caso de incêndio (Figura 19) do que um sistema de isolamento com parede dupla de alvenaria, todavia este não oferece uma resistência ao fogo inferior à de uma fachada ventilada, onde que a possibilidade de propagação de fogo verticalmente também é elevada, em relação ao sistema de alvenaria dupla.



Figura 19 – Incêndio fatal num edifício em 2010, em Dijon (França). Fachada ETICS com isolante EPS (FLOREA, 2012).

De acordo com Florea (2012), o uso deste sistema deveria ser limitado a edifícios de, no máximo, quatro andares, devido à dificuldade de intervenção dos bombeiros em caso de

incêndio. No entanto, mais uma vez, tais riscos dependem da escolha do material e do contexto da edificação, pois este deve respeitar as normas locais mínimas de resistência ao fogo.

Dado que o ETICS funciona como um revestimento contínuo das fachadas, uma das desvantagens do sistema que não aparece mencionada no Gráfico 1 é que, em caso de abalos sísmicos, torna-se mais difícil inspecionar eventuais fissuras nas paredes externas ou na estrutura, fator que não seria uma desvantagem em termos da sua aplicabilidade em território brasileiro, uma vez que o país não apresenta histórico de risco em relação a abalos sísmicos.

3 METODOLOGIA

Visando comprovar se a utilização de um sistema de isolamento térmico composto instalado no exterior da edificação (denominado ETICS) é viável à luz da realidade construtiva brasileira da segunda década do século XXI. A variação de hipóteses principais foi, em uma primeira instância, exata com alternância binária dicotômica - sim ou não. Contudo, o leque de fatores que influem neste julgamento é alargado, levando a que possa não existir uma resposta tão rígida a tal problema.

Assim sendo, foi conduzido um estudo em que, em vários tópicos essenciais a essa análise, foram feitas analogias e deduções, que levaram a concluir a viabilidade específica desse determinado ponto, a fim de que, numa comparação genérica final, fosse possível chegar a uma conclusão que tendesse para uma das duas hipóteses principais.

3.1 CARACTERIZAÇÃO E PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Este estudo teve início com a delimitação das tipologias existentes que compunham o sistema ETICS a fim de quantificá-las e caracterizá-las, sendo que, para isso foi desenvolvida uma pesquisa teórica de diversos autores, citados ao longo do texto.

Depois de delimitado o sistema, foi escolhida apenas uma variante, a partir da qual foram indicados os materiais e técnicas que geralmente estavam associados à sua composição. Mais uma vez, foi conduzida uma pesquisa teórica, resultante de uma base de dados de materiais e técnicas, cujo objetivo sequencial era o de comprovar a viabilidade da adaptação destes materiais e técnicas de execução ao mercado e mão-de-obra brasileira. No que diz respeito aos materiais, foi conduzida uma pesquisa em sites de empresas fornecedoras, no sentido de demarcar quais os materiais de isolamento utilizados no sistema ETICS original são correntemente fabricados e/ou vendidos no Brasil. Em termos de técnicas, foram listadas as principais dificuldades, enumeradas por diversos estudos, e comprovadamente verificadas em muitas aplicações já efetuadas do ETICS, acreditando que, analogamente, estas possam ser verificadas também em uma aplicação em território nacional.

No entanto, além da importante parcela técnico-prática, foram apontados pelo autor outros fatores que puderam condicionar a eficiência do sistema, sendo estes a legislação, o clima, a cultura e a economia, e que são a partir daí analisados separadamente, uma vez que, apesar de relacionados, se caracterizam por condicionantes distintas.

Em termos de legislação, numa primeira instância foi conduzida uma pesquisa das normas vigentes na Europa (e como evoluíram até hoje) e, posteriormente, foi focado o exemplo de Portugal, uma vez que o histórico construtivo dos dois países foi fundido por um período, com a finalidade de criar uma base normativa que será levada em consideração na pesquisa pelas normas brasileiras. Em seguida, são apontadas as normas brasileiras a serem consideradas e, com as quais, são conduzidas comparações de exigência, a fim de concluir se a aplicação do ETICS, no Brasil, suprirá as demandas legais da atualidade.

Relativamente a questões climáticas, pretende-se delimitar o tipo de clima brasileiro, restringindo o enfoque em temperatura e umidade, visto a primeira ser uma influência fulcral na eficiência de qualquer sistema de isolamento e a segunda condicionar em especial a aplicação do ETICS. Tal estudo foi direcionado por meio de uma análise de mapas climáticos e normas específicas, comparando o clima brasileiro com o europeu, a fim de deduzir qual o grau de semelhança ou disparidade entre eles, o que correspondeu à potencial eficiência do sistema aplicado ao Brasil. Para facilitar essa conclusão, foram abordados os fatores favoráveis e os desfavoráveis separadamente.

Em relação a custos, foi conduzida uma comparação entre as principais técnicas de isolamento em vedações verticais externas, existentes na Europa, além do ETICS, tendo como base o custo relativos entre elas e desconsiderando a referência a valores em moeda, uma vez que estes são constantemente mutáveis. Analogamente, essa comparação foi transferida para o mercado brasileiro.

Em questões visuais e táteis, que focam problemáticas do foro social e / ou cultural, foram tipificados os principais preconceitos existentes na cultura europeia, relativos ao ETICS, tendo por base estudos teóricos, que buscam desmistificá-los. Considerando posteriormente a cultura brasileira, buscou-se as semelhanças a fim de concluir quais os problemas de potencial repetição numa aplicação nacional.

A conclusão geral foi realizada com base nas conclusões parciais de cada um dos tópicos supracitados.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com o esquema de desenvolvimento, apresentado no capítulo anterior, os resultados teóricos da pesquisa serão divididos em quatro subcapítulos, sendo que, primeiramente serão apresentados os fatores técnico-práticos, por meio das tipologias do sistema e dos seus materiais, seguido do fator político, no qual serão apresentadas as analogias entre normas, seguido posteriormente pelo estudo analítico-comparativo do clima e das condicionantes que este infere na aplicação do ETICS. Por último será abordado o fator econômico social, que será dividido em dois tópicos distintos: a questão de custos e a questão estética.

4.1 TIPOLOGIAS E MATERIAIS

Ao longo da prática de utilização do ETICS, em diversos países, até hoje, foram tipificadas duas variantes do sistema denominadas de revestimento delgado e revestimento espesso, ambos sobre isolante.

O presente estudo visa explorar, ao longo do seu desenvolvimento, o sistema de revestimento delgado, apresentado como tipologia 1. No entanto, serão apresentadas de forma resumida as características básicas da tipologia 2, como sendo uma opção secundária do sistema.

Cada tipologia é composta por diferentes materiais e pela técnica de aplicação desses materiais, sendo que, após um breve detalhamento da constituição do sistemas e de como esta pode ser adaptada ao Brasil, serão explorados separadamente os materiais e técnicas que sobressaem em importância.

4.1.1 Tipologia 1 – Sistema de Revestimento Delgado sobre Isolante

Os sistemas de isolamento térmico com solução de revestimento delgado de ligantes sintéticos ou mistos sobre o material isolante são os de utilização mais recorrente. Sendo que este é constituído por um isolante em placas, geralmente EPS, colado ao suporte; um revestimento delgado de ligante misto, armado com uma rede flexível, geralmente de fibra de vidro, designado por camada de base do revestimento; um revestimento de acabamento, geralmente de massas plásticas, designado de camada de acabamento do revestimento.

a) Suporte

O suporte condiciona a vida útil do sistema. A sua espessura irá depender do tipo de suporte, seja de blocos cerâmicos, blocos de concreto alveolar, ou paredes de concreto armado, sendo que o importante é que este esteja alinhado com a estrutura do edifício (vigas e pilares), para que se forme um plano único, onde será fixado o isolamento.

Quanto menos dotada de saliências e deformações for a parede de suporte, menos propicia esta será a patologias futuras. Desta forma, um edifício de concreto armado, no qual as paredes são elementos contínuos, apresenta um percentual de sucesso superior ao de uma parede de alvenaria, na qual a sobreposição de peças origina sempre oscilações de plano. Contudo, tal fator irá influenciar apenas o sistema de fixação.

b) Sistema de fixação

A camada de fixação varia entre duas técnicas: a colagem e a fixação mecânica, sendo que a segunda não dispensa o emprego de cola. Em ambas as técnicas é utilizado um perfil metálico horizontal como suporte, na base do sistema (Figura 20), junto ao solo (onde deverá ser a sua terminação, uma vez que *meias* fachadas podem causar patologias futuras).

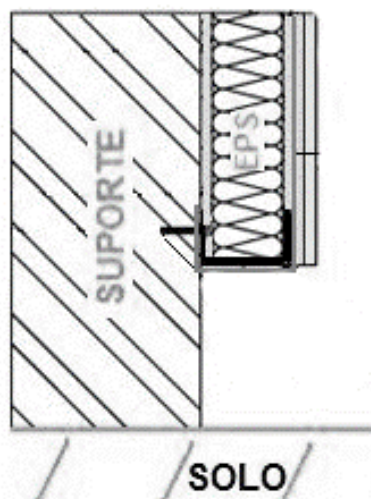


Figura 20 - Detalhes do sistema de fixação: (à esquerda) corte esquemático demonstrando o arremate na base do sistema (LENA, 2010) e (à direita) colocação do perfil metálico utilizado como suporte na base do ETICS (MAPEI, 2014)

No sistema baseado apenas na colagem do isolamento à parede de suporte, o elemento fixador é feito à base de argamassas colantes, constituídas por uma mistura de

resinas sintéticas em dispersão aquosa, com cargas minerais (sílica e calcita) e cimento. De acordo com Primo (2008), a sua preparação pode ser efetuada por um dos seguintes passos:

- mistura com água de um produto em pó pré-dosado em fábrica, constituído por resina em pó, cimento, cargas e adjuvantes vários (hidrófugos, de aderência, entre outros);
- mistura com uma dispersão aquosa de resina sintética de um produto em pó pré-dosado em fábrica, constituído por cimento, cargas e adjuvantes;
- mistura com cimento de um produto em pasta pré-dosado em fábrica, constituído por uma dispersão aquosa de resina sintética, cargas e adjuvantes;

A argamassa colante deve ser aplicada sobre a placa de isolamento e nunca deverá ser utilizada para preencher as juntas entre as placas. As empresas especializadas aconselham a aplicação da cola sobre as placas de isolamento apenas através da colagem contínua, com uma espátula dentada com entalhes (Figura 21), com mais ou menos (5 x 5) mm. A colagem contínua garante uma aderência total por toda área da placa e evita a formação de eventuais condensações e água entre o suporte e o isolamento, efeito comum na colagem por pontos.



Figura 21 – Ilustração do método de aplicação da argamassa colante em uma placa de EPS. (MAPEI, 2014)

Além dos efeitos externos, a própria dilatação e contração natural dos materiais, principalmente do isolante, podem causar anomalias no sistema. Na Figura 22, pode-se

observar esquematicamente o efeito de deformação que as placas sofreriam sem a aplicação de cola.

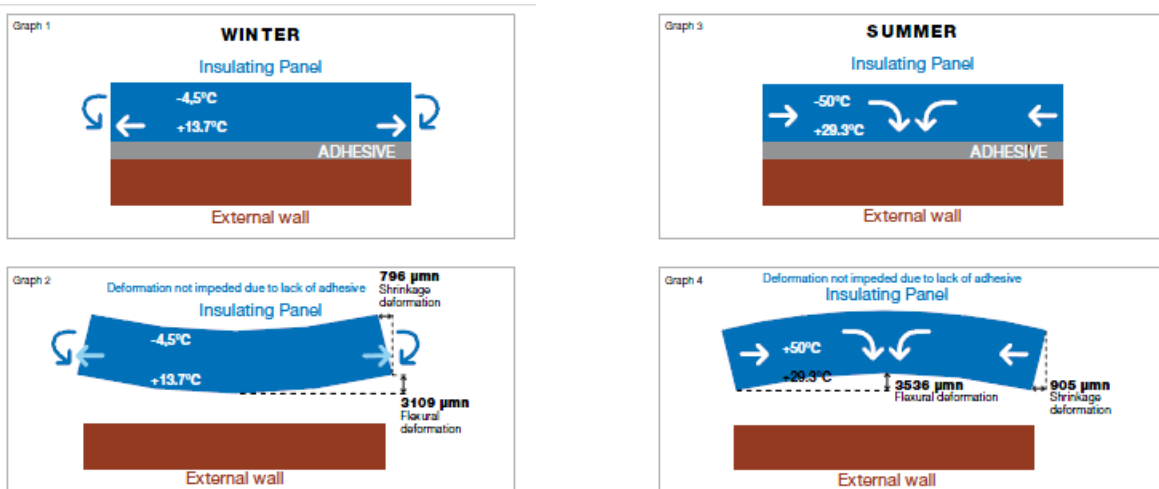


Figura 22 – Esquemas de deformação das placas de isolamento quando não é aplicada a camada de fixação, sendo os dois à esquerda referentes ao Inverno e os dois à direita referentes ao Verão (MAPEI, 2014)

No caso de suportes empenados deve ser colocado um pré-reboco de forma a regularizar a alvenaria antes de colar o isolamento. Nestas práticas baseadas apenas em colagem, caso a cola não seja regulamentada em qualidade, utilizada quantidade mínima e, conseqüentemente seja mal aplicada, pode provocar a queda parcial ou integral do revestimento e/ou isolamento, comprometendo o funcionamento de todo o sistema.

O sistema que utiliza fixação mecânica garante uma maior segurança, mas em contrapartida é mais dispendioso, uma vez que não dispensa a utilização de cola e também necessita da colocação de argamassa na totalidade da face. Desta forma, os pinos de fixação (Fig.23) funcionam como uma segurança extra, a fim de evitar patologias futuras.



Figura 23 – Bucha em PVC para fixação mecânica das placas de isolamento. (JONOBAS, 2014)

A fixação deve ser feita em todos os cantos de todas as placas, no centro das arestas mais longas e no centro da placa, como demonstrado na Figura 24.



Figura 24 – Esquema de posicionamento dos pinos de fixação (MAPEI, 2014).

c) Isolante

O isolamento térmico nos sistemas ETICS irá depender de alguns fatores, sendo um deles o fato de que deve cumprir as exigências térmicas, acústicas, entre outras, constantes nas normas vigentes do país em que será utilizado. Entretanto, o isolamento pode ser constituído por materiais plásticos celulares, como o EPS ou o XPS, lãs minerais e aglomerados de cortiça, como exemplificado na Figura 25. Nela observa-se que em todos os exemplos, podem ser aplicados revestimentos de diferentes cores e texturas, mas que a composição básica das camadas é a mesma, sendo que em qualquer opção a principal função é conferir resistência térmica ao sistema.

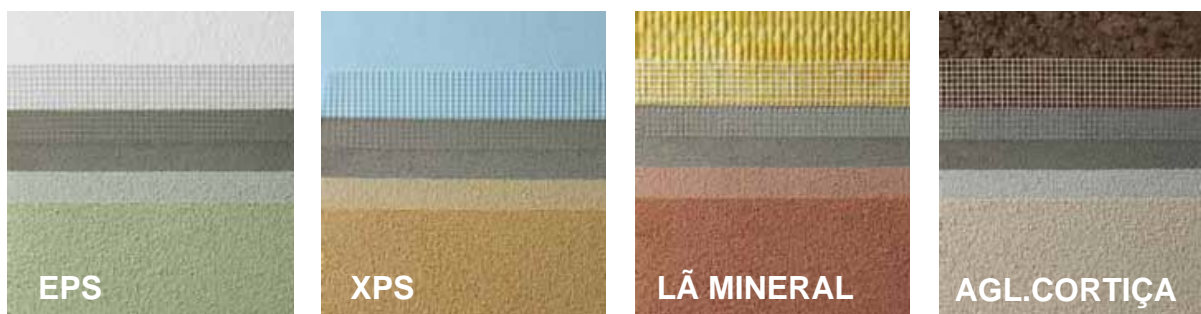


Figura 25 – Variação de material nas placas de isolamento. (MAPEI, 2014)

Levando em consideração estas condicionantes, a espessura do isolamento é também variável e definida de acordo com o valor de transmitância térmica desejado ou exigido, sendo

que outros fatores também irão fazer parte da equação, como o material da parede de suporte, a idade do edifício (novo ou antigo), o sistema construtivo e a localização.

A escolha do material não deve ser aleatória, uma vez que a porosidade dos materiais difere e, apesar do sistema com recurso ao uso de EPS ser o mais utilizado, deve ser levada em consideração, por exemplo, a sua baixa permeabilidade ao vapor de água.

De acordo com Silva (2013), deve ser utilizado preferencialmente o EPS por ser o material que “apresenta uma reduzida absorção de água e um módulo de elasticidade transversal garantindo a diminuição de deslocamentos diferenciais entre o suporte e o revestimento armado”.

No caso específico do EPS, a dimensão máxima das placas deve ser de 120 cm, para garantir uma melhor continuidade ao longo da parede e no caso dos sistemas sem fixação mecânica, as placas devem ter encaixe do tipo *macho-fêmea* ou de outro tipo, como demonstrado na Figura 26.

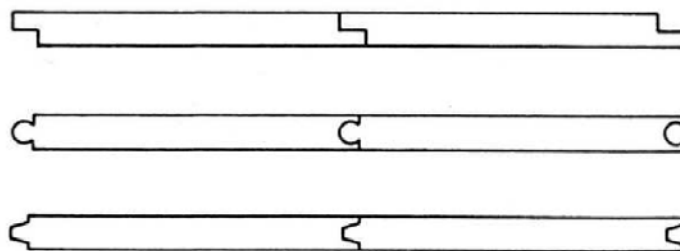


Figura 26 – Tipos de encaixe entre placas de EPS. (SILVA, 2013)

No entanto, seja qual for o material isolante, este deve ser disposto de topo a topo, em fiadas horizontais, com juntas desencontradas e não deve haver desníveis entre placas contíguas, como demonstrado na Figura 24.

A fim de receber a camada de base do revestimento, e mesmo em relação à aderência das argamassas colantes, utilizadas para fixação ao suporte, tanto o EPS como o XPS, mas principalmente este último, dada a sua maior densidade, permitem a indução de ranhuras em pré-fabricação, em uma ou ambas as faces (Figura 27), para garantir uma maior penetração da argamassa de cola e assegurar uma fixação mais eficiente.

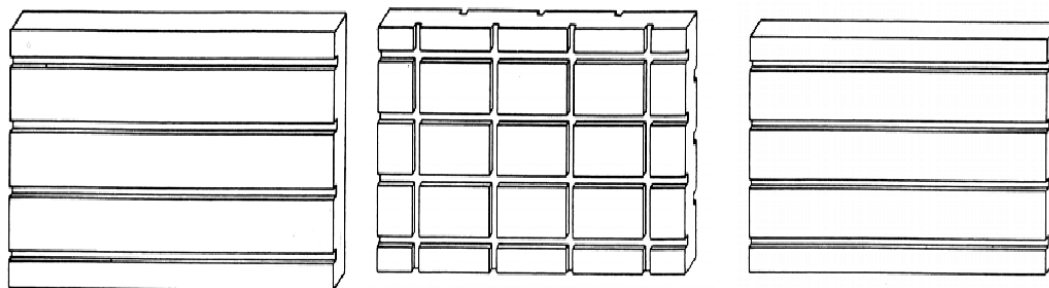


Figura 27 – Ranhuras nas placas do isolante para aderências à argamassa colante e à camada de base. (SILVA, 2013)

d) Camada de base e armação

A *camada de base* consiste num reboco realizado em múltiplas camadas, aplicado diretamente sobre as placas de isolamento térmico, formando um revestimento homogêneo, que deverá ter boas características de aderência ao isolante, a sua espessura deve ser a necessária para preencher totalmente a estrutura de rede que irá armar o sistema e deve ser hidrófugo a fim de assegurar a estanqueidade total do sistema

De acordo com Primo (2008), na formação da camada de base deve ser utilizado um percentual de cimento reduzido (25 a 30%) para aumentar a sua durabilidade, o que permite “reduzir o ataque à rede de fibra de vidro, devido ao ambiente alcalino e prevenir umidades elevadas e conseqüentemente prevenir o aumento de permeabilidade.” (PRIMO, 2008)

Tal como citado, a armadura deste sistema (Figura 28) é normalmente em rede de fibra de vidro, revestida com PVC, resina acrílica ou malha de polipropileno, de forma a garantir a prevenção à umidade e ao álcalis. Esta armadura tem como função, restringir às variações dimensionais da camada de base, melhorar a resistência a choques e assegurar resistência à fissuração do revestimento sobre as juntas das placas de isolamento térmico. A abertura da malha quadrada deve resistir à tração e garantir uma boa aderência ao material de revestimento.



Figura 28 – Detalhe das várias camadas que configuram o sistema de revestimento delgado, com a rede de fibra de vidro embutida entre duas camadas de argamassa, que configuram a *camada de base*. (SILVA, 2013)

Devido à baixa tenacidade que as placas de isolamento conferem ao sistema, determinadas áreas da fachada de um edifício necessitam de um reforço estrutural suplementar, especialmente em arestas e aberturas, como demonstrado nas figuras seguintes (Figuras 29 e 30).

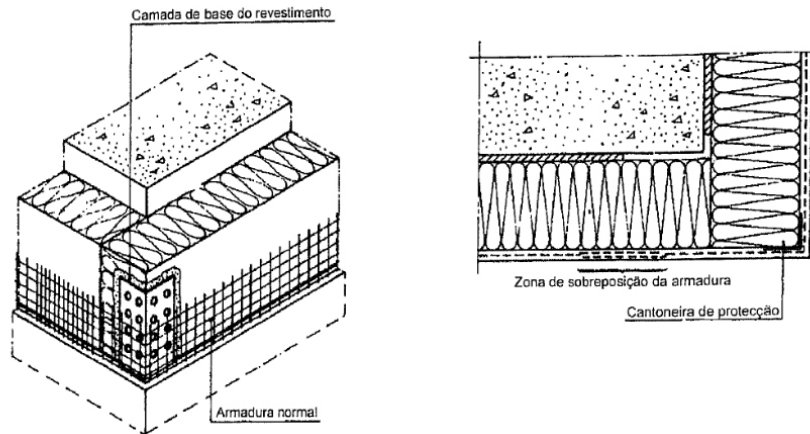


Figura 29 – Solução de aresta de um edifício, com reforço através da aplicação de uma cantoneira e da sobreposição da rede de fibra de vidro. (SILVA, 2013)

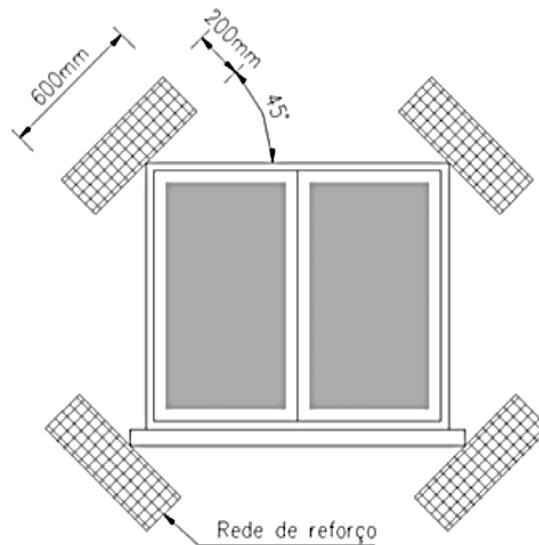


Figura 30 – Solução de reforço de armadura nos cantos de um vão, com faixas de rede normal, coladas sobre o isolante. (SILVA, 2013)

e) Acabamento

O reboco de acabamento é a última camada do sistema. Consiste num revestimento delgado de massas plásticas, resinas aquosas, cargas minerais e pigmentos, conferindo o aspeto final à composição, quer seja pela cor ou pela textura da superfície, sendo que:

“os acabamentos muito lisos são suscetíveis ao desenvolvimento da fissuração superficial, sendo difícil de apresentar um aspeto final uniforme. (...) vantagens dos acabamentos muito rugosos é o de garantirem uma maior uniformidade da distribuição da sujidade (poluição atmosférica), apesar de favorecerem a sua fixação.” (SILVA, 2013).

Considerando esses fatores, existem várias texturas de acabamento, correntemente utilizadas em revestimentos de parede normais, que podem ser utilizados para revestir o ETICS, como a tinta de areia ou a argamassa texturizada - graffiato (Figura 31).



Figura 31 – Exemplo de revestimentos texturizado com tinta de areia (esquerda) e com estrias verticais, tipo graffiato (direita). (SILVA, 2013)

Esta camada encontra-se também exposta ao ataque de fungos e algas, devido ao fato de algumas matérias-primas propiciarem o crescimento de microrganismos. Para que tal situação seja evitada é necessário estudar, em projeto, o escoamento das águas da chuva pelas paredes e aplicar um fungicida após a aplicação desta camada.

4.1.2 Tipologia 2 – Sistema de Revestimento Espesso sobre Isolante

A variação dos sistemas ETICS, denominado de revestimento espesso, é semelhante ao sistema delgado, sendo que a grande diferença reside na armação do sistema. Enquanto o sistema delgado é armado com rede maleável de fibra de vidro, este sistema é armado com rede metálica (Figura 32), geralmente em aço galvanizado e, necessariamente, deve ter fixações mecânicas pontuais ao suporte (parede) através dos métodos já referidos.

Consequentemente, o revestimento deve ser constituído por ligantes hidráulicos, como cimento Portland, areia e coadjuvantes diversos, fazendo com que a espessura necessite ser maior, logo mais suscetível a trincas, comparativamente aos revestimentos de ligantes mistos, podendo levar mais facilmente a um condicionamento da estanqueidade do sistema.

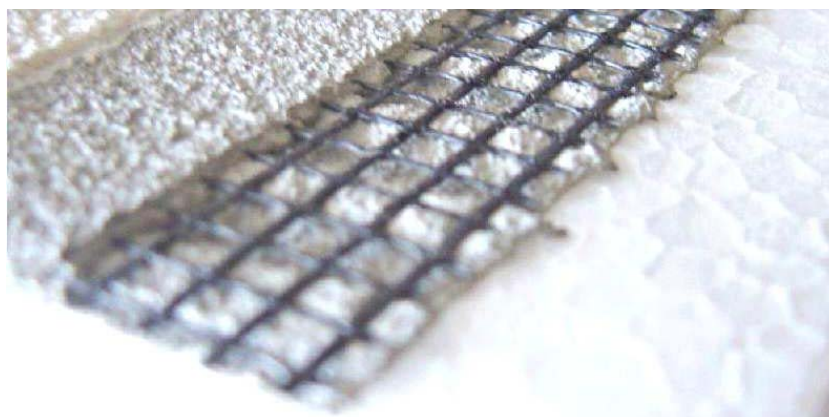


Figura 32 – Detalhe das camadas de um sistema de revestimento espesso, com armação metálica. (PRIMO, 2008)

As placas de isolamento térmico, tal como exemplificado para o sistema anterior, devem ter ranhuras nas faces, a fim de melhorar a aderência do revestimento.

4.1.3 Materiais e Técnicas

Para o ETICS, o material isolante define o restante dos materiais a serem utilizados, seja no reboco, seja na forma de fixação, pois estes têm de ter características compatíveis.

No geral, cada material utilizado na construção de um edifício tem o seu próprio conjunto único de propriedades físicas relativas ao fluxo de calor. No entanto, qualquer material isolante que possa ser aplicado em placas e seja rígido o suficiente para se auto sustentar tem um futuro promissor de aplicabilidade neste sistema, considerando que, para cada variação de aplicação deverão ser analisadas as condições climáticas, culturais e econômicas do local.

a) Adaptação à produção nacional

Atualmente no mercado brasileiro existem inúmeros materiais que garantem isolamento térmico, sendo que a maioria deles é utilizada frequentemente como isolamento de vedações verticais, em países estrangeiros, mas no Brasil ainda nem tanto.

O EPS¹² (poliestireno expandido), de nome comercial Isopor, é o material por excelência do ETICS. Este é constituído maioritariamente por ar encapsulado numa pequena percentagem de células estanques de hidrocarboneto puro: o poliestireno. Depois de expandido (com vapor de água), ele se torna um produto branco, leve e robusto, que resiste ao

¹² EPS – Expanded PolyStyrene

envelhecimento quando não exposto diretamente à radiação e estabelece uma relação privilegiada entre custo e benefício, pela sua extensa durabilidade e pelo fato de ser reciclável (repetida e integralmente) acabando por compensar, em termos ecológicos, a sua derivação do petróleo.

Normalmente, as empresas, tanto estrangeiras como brasileiras, vendem este produto em placas de diversas espessuras (Figura 33). Apesar de na Europa ser algo mais banalizado, vendido em qualquer loja de construção, a dificuldade de acesso pode até ser um ponto positivo, para a construção brasileira, uma vez que a sua aplicação em sistemas ETICS deve ser feita dentro de uma padronização, que sem o devido conhecimento pode fugir ao controle.



Figura 33 – Placas de EPS, de diversas espessuras e gramaturas. (ESFEROVITE, 2014)

Nos países em que a sua utilização é elevada, a importância da utilização em termos de vantagem ambiental e energética é bem aceita e consolidada.

No Brasil, o EPS é utilizado na construção civil, como isolante de ambientes internos refrigerados e, geralmente a sua utilização é vinculada em ambientes industriais, sendo que este é normalmente utilizado para isolamento térmico de tubulações, dutos de ar condicionado, geladeiras industriais e câmaras frigoríficas (NEOTÉRMICA, 2014). É utilizado também em coberturas (recheios de telhas metálicas), juntas de dilatação e preenchimento de lajes de concreto.

No entanto, as características de resistência térmica, estanqueidade, impermeabilidade, resistência mecânica e viabilidade econômica, apresentadas no Quadro 3, fazem do EPS o material mais adaptável às diversas condicionantes térmicas de um edifício.

Quadro 3 - Características genéricas do EPS no mercado brasileiro (NEOTERMICA, 2014).

PROPRIEDADES	NORMA	UNIDADE	RESULTADO CONSOANTE TIPO DE EPS						
			TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	TIPO V	TIPO VI	TIPO VII
Densidade mínima	NBR 11949	Kg/m ³	9	11	13	16	20	25	30
Resistência à compressão com deformação de 10%	NBR 8082	Kg/m ³	33	42	65	80	110	145	465
Condutividade térmica (a 23°)	NBR 12094	W/(mk)	-	-	0,042	0,039	0,037	0,035	0,035
Resistência e permeabilidade de vapor de água	EN 12086	1	20	20	25 a 40	30 a 50	40 a 70	50 a 70	60 a 120
Absorção de água em submersão	EN 12087	% (vol.)	1 a 3						
Combustibilidade	NBR 11948	-	Retardante à chama						

Além do EPS, também o XPS (poliestireno extrudado) é um dos materiais de isolamento associados ao ETICS, sendo que a sua resistência mecânica é maior, logo a sua utilização surge de necessidades que o EPS não consegue suprir, como resistência ao choque mais elevada, ou a fixação mais eficiente, uma vez que o uso de entalhes (Figura 34) para maior aderência de cola é mais frequente com recurso ao XPS.

O XPS é uma “espuma rígida de poliestireno com estrutura celular fechada e homogênea” (NEOTERMICA, 2014). Desta forma, como isolamento térmico e acústico, o seu desempenho é superior ao do EPS, sendo considerado por muitos fabricantes como um dos melhores isolantes térmicos do mundo, com proteção mecânica, utilizados até hoje.

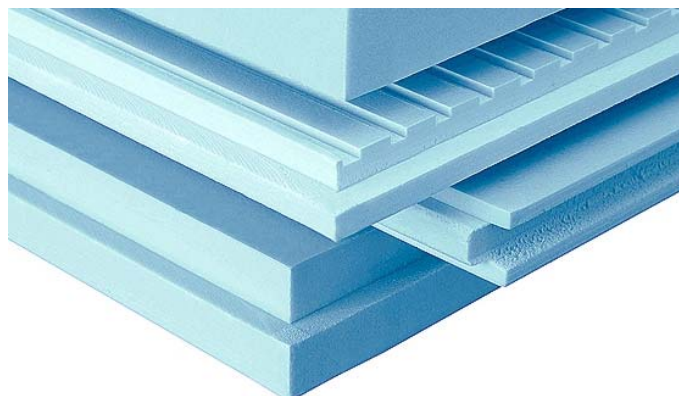


Figura 34 – Placas de XPS, de diversas espessuras e formatos. (BRIGNOR, 2014)

No Brasil, o XPS encontra uma variedade aplicações maiores que a do EPS, sendo este utilizado como isolamento térmico de dutos de ar-condicionado, containers e caixas refrigeradas. Arquitetonicamente é aplicado maioritariamente em coberturas e telhados, principalmente de edifícios que utilizam ar-condicionado e em pisos (residenciais e industriais), devido à sua alta resistência à compressão. Neste caso, a sua função é principalmente acústica. Além disso, tem sido utilizado como solução de isolamento termoacústico em construções de *steel-frame*, seja no piso, paredes e teto, aqui aproximando-se já da função que teria no sistema ETICS. Em comparação com o EPS, podem ler-se no Quadro 4 as características básicas deste material.

Quadro 4: Características genéricas do XPS, no mercado brasileiro. (NEOTERMICA, 2014)

PROPRIEDADES	NORMA	UNIDADE	RESULTADO
Densidade mínima	NBR 11949/2007	Kg/m ³	38
Resistência à compressão com deformação de 10%	NBR 8082/1983	Kg/m ³	300 a 350
Condutividade térmica (a 23°)	NBR 12094/1991	W/(mk)	0,027
Resistência e permeabilidade de vapor de água	NBR 8081/1983	1	0,6
Absorção de água em submersão	NBR 7973/2007	% (vol.)	1
Combustibilidade	NBR 11948/2007	-	Retardante à chama

Apesar da eficiência do XPS ser superior, este acaba por ser uma solução menos viável para o sistema, em relação ao EPS, uma vez que o custo é superior, encarecendo a obra. Além disso, muitas vezes, esta irá acabar por estar dotada de um isolamento cujo funcionamento supera a eficiência máxima para o local. Como tal, o essencial é que cada projeto sofra um estudo individual, para que um técnico especializado possa avaliar as condições do local e conseqüentemente as suas necessidades.

As lãs minerais, de rocha e de vidro, quando fabricadas em placas, podem também ser aplicadas no sistemas ETICS (Figura 35).



Figura 35 – Placas de lã de rocha com recurso a fixação mecânica. (SECIL ARGAMASSAS, 2014)

Devido aos seus baixos coeficientes de condutividade térmica, combinados com espessuras e densidades adequadas, elas são normalmente caracterizadas no mercado nacional como excelentes isolantes térmicos de equipamentos industriais, dutos de ar condicionado, caldeiras, fornos, tubulações, telhados, suportando altas temperaturas. No entanto, por serem um material fibroso, também são excelentes materiais para o tratamento acústico e, normalmente, é nessa função que a sua aplicação é mais frequente.

Entretanto, os seus índices de condutividade térmica são reduzidos e, como grande vantagem em relação aos materiais derivados de petróleo, além de mais sustentáveis, estas são incombustíveis. Em termos técnicos, as lãs minerais são dimensionalmente estáveis mesmo quando expostas a altas temperaturas, além de que são fáceis de recortar e de aplicar. Não absorvem umidade e não sofrem danos estruturais, pois são inquebráveis, reduzindo as perdas nas obras, sendo que a sua maior desvantagem reside no custo.

Outros materiais também utilizados a nível nacional em isolamentos diversos, sobretudo com fim industrial, como a espuma elastomérica de borracha sintética, o poliuretano, as mantas de polietileno, as fibras cerâmicas e as recentes lãs de PET, não são adaptáveis ao ETICS, pois a sua maleabilidade iria incutir uma fraca resistência mecânica no sistema.

b) Execução e mão de obra

A correta execução de cada camada e a escolha acertada dos materiais são a chave fundamental para que o sistema ETICS seja eficiente na sua função, sendo que há várias deficiências recorrentes e que estas se verificam, maioritariamente, por falta de conhecimento

do funcionamento do sistema por parte do executante, ou por questões financeiras, numa tentativa de baixar o custo da obra.

Um defeito de execução reside em uma má escolha quanto à espessura para as placas de isolamento, ou uma fixação insuficiente do isolante à parede da resistência (espessuras de argamassa insuficientes, número insuficiente de ancoragem com buchas), em uma tentativa, muitas vezes furtiva, de economia de material. É importante também conhecer o comportamento de cada material, respeitar os seus tempos de aplicação e garantir um bom acabamento do sistema, a fim de impedir o aparecimento de fungos, causadores de possíveis patologias.

Outro defeito reside em uma execução com materiais impróprios (isolante, buchas, argamassa ou malha de reforço de baixa qualidade), de fabricantes anônimos, sem teste ou garantias. Sendo que, outro fator importante a levar em consideração é que a aplicação do sistema deveria ser obrigatoriamente executada por mão-de-obra especializada. Ao contrário de uma parede simples de alvenaria, que pode ser erguida e corrigida ao longo da obra, o sistema ETICS é pouco permeável a erros e estes podem custar a falha do sistema no futuro. Assim também é possível ajudar a garantir que os materiais utilizados sejam homologados para aquele uso. No entanto, a não existência deste sistema no mercado brasileiro, leva a que as suas primeiras aplicações devam ser de foro exploratório.

Além da qualidade genérica dos materiais, como se trata de um revestimento contínuo, é necessário levar em consideração a resistência dos materiais ao fogo, principalmente das placas de isolamento, que são as mais propícias. Com a utilização de um material como o EPS, por exemplo, é necessário garantir que este possua um grau de incombustibilidade aceitável, o que muitas vezes, pode não acontecer se tal fator não for levado em consideração.

Também uma execução de edifícios com isolamento parcial, por apartamento ou por nível, provoca irregularidades no sistema, uma vez que causa descontinuidades, tanto numa faixa horizontal do isolamento como verticalmente, sendo que este fator decorre, normalmente, de questões financeiras.

Por último, o fator estético muitas vezes torna-se prioridade em relação a questões técnicas, mas é essencial levar em consideração o tipo de cores que são aplicadas no revestimento, uma vez que estas irão influenciar nos efeitos de radiação a que a parede está

sujeita. Dessa forma, podem auxiliar ou dificultar o papel do isolamento no sistema, sendo que os tons fortes ou escuros, dificultam o seu funcionamento.

4.2 LEGISLAÇÃO

Na Europa, a aplicação de ETICS como sistema corrente de isolamento térmico em edificações, apesar de ser relativamente recente, encontra-se bem caracterizada do ponto de vista técnico e tecnológico, uma vez que existem várias normativas aplicáveis.

No entanto, apesar da existência de regras, as principais patologias verificadas no sistema decorrem de fracas execuções ou emprego de materiais cujas características não correspondem aos mínimos exigidos.

4.2.1 Normas Europeias

Em função do clima rigoroso dos países do norte da Europa, a exigência em termos de isolamento térmico há muito tempo que já era elevada, considerando que, por exemplo, na Suécia, segundo Müller (2010) “a espessura do isolamento térmico das paredes ultrapassa os 20 cm”. No entanto, os primeiros regulamentos, referentes a isolamento térmico em edificações, foram introduzidos apenas após a crise energética da década de 70, do século XX, visando uma diminuição dos gastos de energia.

No início da década de 80, os trabalhos realizados pelo CSTB¹³, permitiram avaliar as principais vantagens e inconvenientes deste tipo de sistema de isolamento, definindo exigências mínimas que deveriam ser garantidas, de caráter funcional, de condições de aplicação, de limites de utilização. Houveram também tentativas em estabelecer regras para o tratamento de pontos singulares sendo que, na altura, de acordo com Pinto (2011), estes disponibilizaram uma série de detalhes construtivos que elucidavam o processo.

No ano 2000, visto que os Sistemas ETICS eram (e continuam sendo) utilizados por toda a Europa, foi publicado pela EOTA¹⁴ um Guia de Aprovação Técnica Europeia - ETAG 004¹⁵. Esse Guia tem como referência a ISO 8990/1997 que visa por meio da definição das

¹³ CSTB – Centro Científico e Técnico de Construção (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment);

¹⁴ EOTA – Organização Europeia de Aprovação Técnica (European Organization for Technical Approval);

¹⁵ ETAG 004 – European Technical Approval Guideline;

exigências funcionais de desempenho dos materiais e do seu conjunto, determinar ensaios e critérios de forma a ser possível a correta avaliação do comportamento do sistema. Nela ficou estabelecido, por exemplo, que o ETICS “deverá ter pelo menos uma resistência térmica de $1 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{W}$ ” (PRIMO, 2008) e o valor determinado para o suporte é de $0,60 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{W}$.

Após essa avaliação foi elaborada uma ETA¹⁶ (aprovação técnica europeia) para cada sistema, de acordo com as recomendações do ETAG 004. Posteriormente é atribuído um selo por cada ETA que funciona como garantia de correto funcionamento do sistema.

Além das normas genéricas europeias, existem os decretos de cada país. Tomando como exemplo Portugal (pelas razões já enunciadas) o LNEC¹⁷, em 2010 (dentro das normas europeias) elaborou um relatório que discrimina uma série de regras para a elaboração de uma ETA referente aos sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior. Este, entre outras exigências, visa uma análise experimental laboratorial do sistema, onde deverão ser conduzidos diversos ensaios, que respeitem as exigências mínimas constantes em variadas normas da União Europeias, como a EN12667, referente à resistência térmica, ou a EN12086, referente à permeabilidade ao vapor de água dos materiais. Considerando que, todas essas normativas devem ser encaixadas nas exigências mínimas de conforto térmico em edificações constantes no RCCTE¹⁸, para finalmente o sistema e seus componentes poderem ser colocado no mercado.

No RCCTE, em termo térmicos, encontra-se estipulado que as condições de referência de conforto do ambiente interno em qualquer edificação são “uma temperatura do ar de 20°C para a estação quente e uma temperatura do ar de 25°C e 50% de umidade relativa para a estação fria” (Decreto-Lei nº 80/2006). No entanto, para chegar a esses valores devem ser considerados os coeficientes de transmitância térmica superficiais máximos do *entorno* opaco e os fatores solares dos vãos envidraçados, com área total superior a 5% da área útil do ambiente, desde que não orientados a norte (que no hemisfério norte, em termos solares, equivale à orientação sul brasileira).

¹⁶ “A Aprovação Técnica Europeia aplica-se a produtos ou sistemas inovadores, para os quais não existe nem está prevista, a médio prazo, a existência de uma norma europeia harmonizada. É uma apreciação técnica favorável com base em requisitos definidos a nível europeu, concedida por qualquer organismo membro da EOTA e válida em todo o espaço europeu.” (LNEC, 2010);

¹⁷ LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Portugal;

¹⁸ RCCTE – Regulamento Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, em Portugal;

4.2.2 Normas Nacionais

No Brasil, apesar de já existirem várias normas técnicas referentes à qualidade térmica das edificações, o sistema ETICS, ainda não entra nas equações normativas como um sistema aceito, pois não existe nenhuma norma especificamente direcionada a ele.

No entanto, em relação ao isolamento térmico pelo exterior, foi conduzido um estudo, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, cujo foco principal incidiu sobre o sistema construtivo em *Light Steel Frame*, mas que aplicou como solução de isolamento térmico, o sistema EIFS, a vertente americana do ETICS.

De acordo com Magalhães (2013), autor do estudo supracitado, as recomendações de desempenho térmico, que constam no anexo E da NBR 15575-1/2013¹⁹, estabelecem valores máximos e mínimos de temperatura que podem ser observados no interior da edificação para que se atenda, pelo menos aos níveis mínimos de desempenho estabelecidos, sendo que o recomendado é que a empresa responsável pela construção de determinado sistema disponibilize a informação de que o desempenho obtido é pelo menos mínimo.

Além disso, em termos normativos o clima também é levado em consideração, como tal, o Brasil é dividido em zonas climáticas, estipuladas pela NBR 15220-3/2005, que irá influenciar na escolha dos materiais e nas suas características.

Relativamente ao desempenho genérico dos sistemas de vedações verticais em edificações, deve ser consultada a NBR 15575-4/2013, para as quais há vários tópicos de análise, desde desempenho estrutural, térmico, acústico, entre outros.

Entretanto, como o conforto térmico obtido em uma edificação não depende apenas do isolamento nas vedações verticais, mas sim da interação entre o desempenho de pisos, coberturas e vedações externas gerais, acaba por não se poder tratar apenas da avaliação única e individual de um sistema. É necessário levar em consideração todas as partes que compõem o ambiente interno em causa (teto, piso e paredes externas e internas).

Quanto à resistência ao fogo, deve ser levada em consideração a norma NBR 14432/2001, garantindo a princípio que o material de isolamento do ETICS, por ser contínuo, caso seja EPS ou XPS, deve ser comercializado com tratamento de anti combustibilidade.

¹⁹ NBR 15.575-1/2013 é a norma da ABNT referente ao desempenho de edificações;

4.3 CONDICIONANTES CLIMÁTICAS

O Brasil possui um clima²⁰ diversificado. De acordo com o INMET²¹, no extenso território brasileiro verificam-se sete climas diferentes: equatorial, tropical úmido, tropical de savanas, semiárido, tropical de altitude, subtropical oceânico e subtropical continental, cada um com as suas características específicas (INMET, 2014), estando os principais delimitados no mapa da Figura 36.

Segundo o INMET, o clima equatorial encontra-se na região da Amazônia e caracteriza-se por temperaturas elevadas durante quase todo o ano e chuvas abundantes, com índice pluviométrico acima de 2500 mm anuais.



Figura 36 – Mapa climático brasileiro. (IBGE, 2014)

²⁰ Segundo Mascaro (1991), clima é a função característica e permanente do tempo, num lugar, de acordo com as suas múltiplas variações, e o tempo é considerado a somatória das condições atmosféricas de um lugar, num curto período de tempo, através da combinação de temperatura, pressão, umidade, ventos e precipitação, ou seja, representa um estado momentâneo da atmosfera.

²¹ INMET: Instituto Nacional de Meteorologia. Órgão governamental com informações completas sobre o tempo e o clima em todo Brasil.

O clima tropical úmido ou Atlântico, que está presente nas regiões litorâneas do Sudeste, apresenta grande influência da umidade vinda do Oceano Atlântico e caracteriza-se pelas temperaturas elevadas no verão (podendo atingir até 40°C), amenas no inverno (média de 20° C) e um índice pluviométrico também elevado.

O clima semiárido do sertão nordestino caracteriza-se pelos baixos índices de umidade pluviométrica, sendo que as temperaturas são altas durante quase todo o ano.

O clima tropical de altitude ocorre principalmente nas regiões serranas do Espírito Santo, Rio de Janeiro e Serra da Mantiqueira, onde a temperatura média varia entre 15 à 21° C, as chuvas de verão são intensas e no inverno pode ocorrer formação de geada, pois sofre-se a influência das massas de ar frias vindas pela Oceano Atlântico.

O clima subtropical, presente na região sul dos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, caracteriza-se por verões quentes e úmidos e invernos frios e secos, sendo que chove muito nos meses de novembro a março, com um índice pluviométrico anual de, aproximadamente, 2000 mm e a temperatura média fica em torno de 20° C.

Em termos normativos, a NBR 15220-3/2005 estipula uma divisão territorial em oito zonas bioclimáticas, como pode ser observado no mapa seguinte (Figura 37).

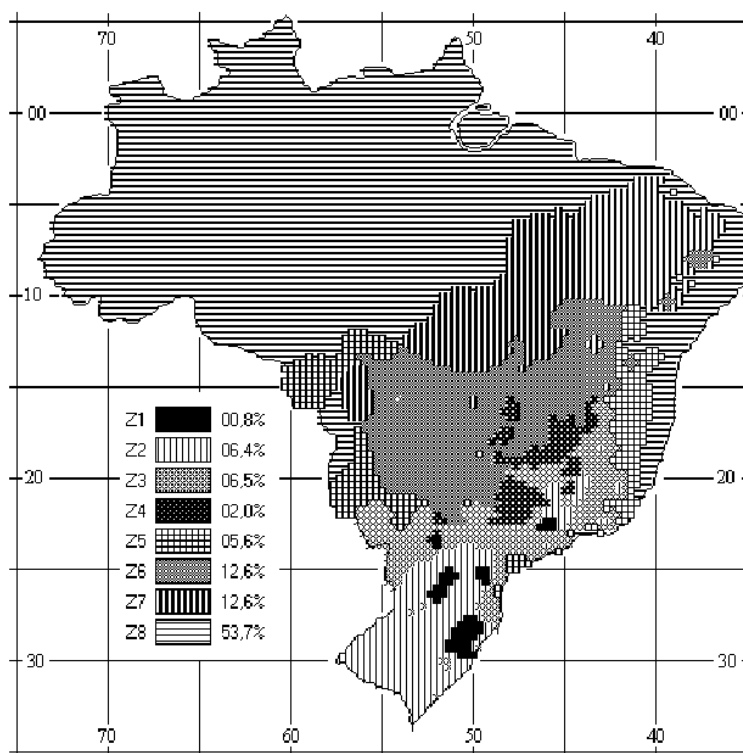


Figura 37 – Divisão territorial brasileira em zonas bioclimáticas (MAGALHÃES, 2013).

Dada esta variação climática, não é possível estabelecer uma analogia a outros climas, tendo por base uma generalização do clima do país como um todo.

No entanto, considerando as características mais distintas de cada clima, e de acordo com o mapa climático Brasileiro do IBGE²² (Figura 36) pode-se verificar de forma simplificada a demarcação dos diferentes climas no território brasileiro. Assim pode-se concluir que predominam o clima tropical e equatorial, cujas principais características se prendem majoritariamente com as temperaturas altas, os elevados índices de pluviosidade e de umidade.

Neste sentido, a preocupação térmica principal de uma edificação, no panorama genérico brasileiro, será a de proteger os espaços internos das temperaturas altas que se fazem sentir no exterior pensando. No entanto, o frio não pode ser excluído da equação, porque apesar de não abranger uma grande parcela de território, este fator é recorrente em várias regiões do país.

4.3.1 Condições Favoráveis ao Sucesso

De acordo com as características do Sistema ETICS, enumeradas anteriormente, este mostra-se eficiente quando exposto a variadas temperaturas, sejam, temperaturas muito quentes ou muito frias.

Segundo Allen (2011), a frequente combinação de materiais de alta resistência térmica com materiais de alta capacidade térmica valoriza a obtenção de um padrão desejado de comportamento térmico.

Apesar de, no Brasil, predominarem edifícios de paredes e coberturas leves, até por uma evolução natural da arquitetura vernacular (Figura 38), de acordo com o autor, “edifícios pesados, para climas quentes, podem funcionar de modo ainda mais eficiente acrescentando uma camada isolante fora do recinto de alvenaria” (ALLEN, 2011).

²² IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

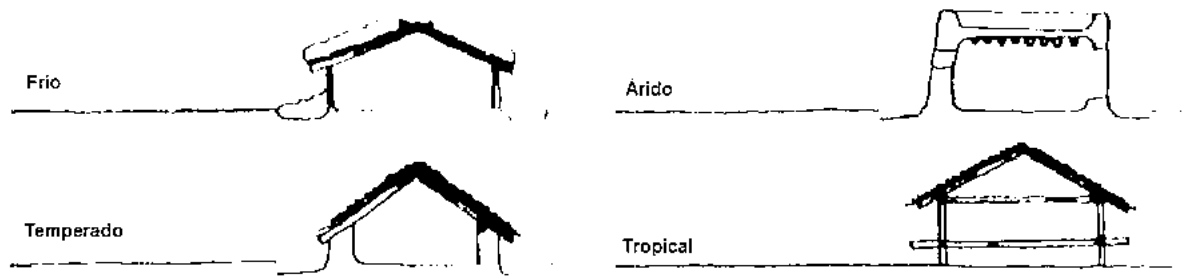


Figura 38 - Croquis representativos da habitação vernácula característica de climas frios, áridos, temperados e tropicais (ESTEVEES, 2009).

Assim, visto que a variação de temperaturas, do norte ao sul do Brasil, é acentuada, pode-se concluir que a utilização do ETICS tem o potencial para atingir níveis de eficiência aceitáveis em ambas as situações, considerando que para cada caso específico deverão ser efetuados os cálculos necessários a fim de mesurar o grau de eficiência térmica e energética (com climatização artificial) pretendido para a edificação.

Nos mapas seguintes pode ver-se a variação entre as temperaturas máxima e mínima anuais (Figura 39), em que se denota pouca variação regional, algo que leva a concluir que a variação entre Verão e Inverno não é rigorosa e que, os lugares quentes têm tendência a sê-lo durante todo o ano e os lugares amenos têm tendência a permanecer numa média amena também.

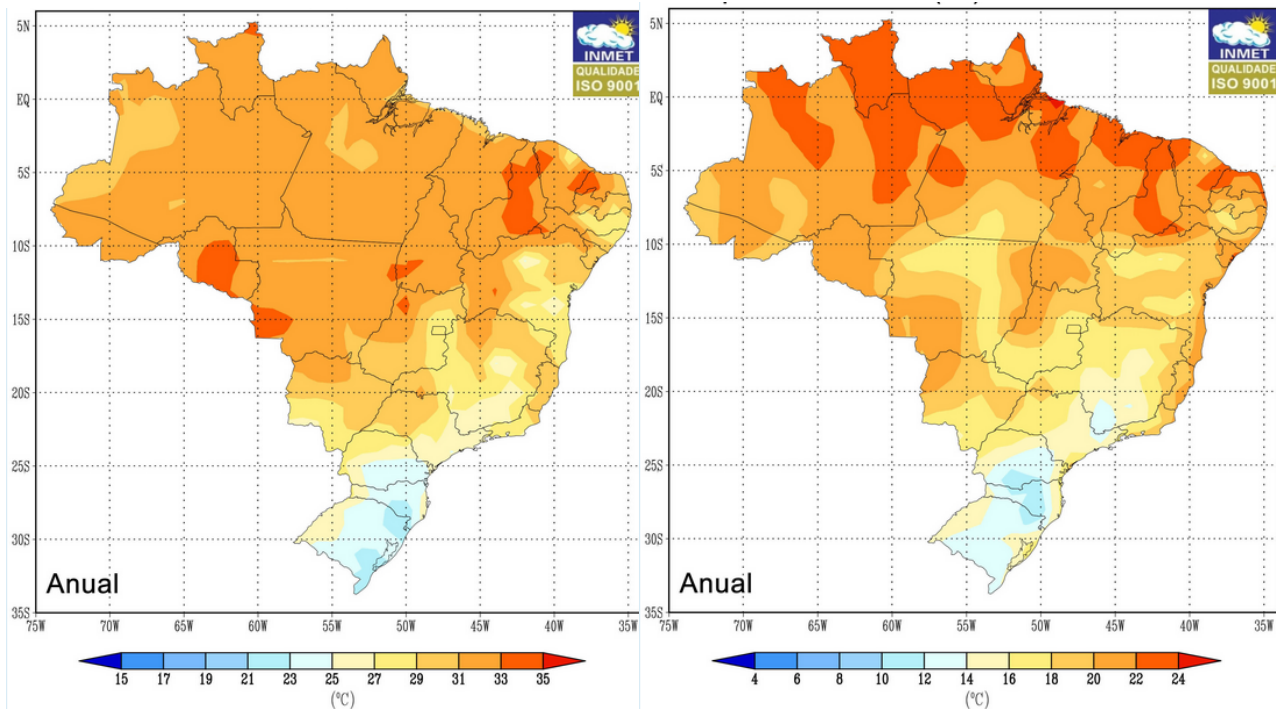


Figura 39 – Temperatura média anual máxima (à esquerda) e mínima (à direita), no Brasil. (INMET, 2014)

No entanto, além das médias anuais, existem muitas vezes variações na temperatura diárias e essas sim muitas vezes são acentuadas, principalmente na região sul do país, que apesar de ainda se enquadrar num clima tropical, no inverno chega a temperaturas baixas próximas de zero durante a noite, e volta a temperaturas de 15 à 20° ao meio-dia. Nesse aspecto, como no ETICS o isolamento é colocado pelo lado externo da parede, existe um bloqueio que retarda a transmissão de calor, ao atingir a massa da parede interna irá retê-la, eliminando o efeito de frio noturno e calor diurno.

4.3.2 Condições Favoráveis a Patologias

Na Europa, estudos efetuados por diversos autores, no âmbito do comportamento higrométrico como causa da degradação do aspecto da fachada revestida com o sistema ETICS, permitiram a compreensão deste fenômeno físico. Assim, foi relacionado o comportamento higrométrico das fachadas revestidas com este sistema à possível ocorrência de condensações e, conseqüentemente, ao desenvolvimento de micro organismos.

Assim, em termos climáticos, as condensações superficiais externas são indicadas como uma das patologias mais recorrentes associadas ao ETICS. Comumente, causam apenas uma diminuição acentuada do fator estético, no aspecto exterior do edifício, sem provocar nenhuma alteração térmica ou mecânica no sistema. Só em um estado mais avançado poderá acabar causando a degradação²³ dos materiais e a conseqüente falha do sistema.

Desta forma, pode-se dizer que as interações entre os vários materiais constituintes da construção e o vapor de água são de uma importância fundamental para avaliar o comportamento térmico de um edifício.

Quanto mais quente o ar estiver, mais vapor de água ele será capaz de suportar. Por outro lado, quanto mais alta for a umidade do ar, mais propício será o aparecimento de condensações. Esse fenômeno é caracterizado pela formação de fungos ou manchas e aparece na face exterior das paredes dos edifícios quando estas estão muito mais frias do que a temperatura ambiente a que são sujeitas. No entanto, este fator não é apenas condicionado

²³ De acordo com a norma internacional ISO 15686, um mecanismo de degradação é uma forma de alteração química, física ou mecânica que produz efeitos negativos em propriedades críticas dos produtos da construção, e um agente de degradação é tudo o que atue sobre o edifício ou parte dele, afetando negativamente o seu desempenho. (SILVA, 2013)

pela temperatura superficial, mas também pela temperatura do ponto de orvalho²⁴ do ar, que varia em função da umidade relativa do ar externo.

Contudo, quando o vapor de água, que se encontra em migração (do interior para o exterior, ou vice versa) e encontra uma camada relativamente impermeável de revestimento, por exemplo, a camada de isolamento, a pressão do vapor pode produzir bolhas que irão acabar por soltar esse material do sistema, daí a extrema importância de uma boa execução, na altura da aplicação da camada de argamassa colante.

No entanto, na Europa, onde este sistema é utilizado em larga escala, os índices de umidade relativa do ar (Figura 40), em média anual, não demonstram valores muito dispares comparados à realidade brasileira (Figura 41), sendo que a maior diferença entre ambos reside no fato de que os períodos mais úmidos na Europa, são os períodos de inverno, em que as temperaturas são baixas.

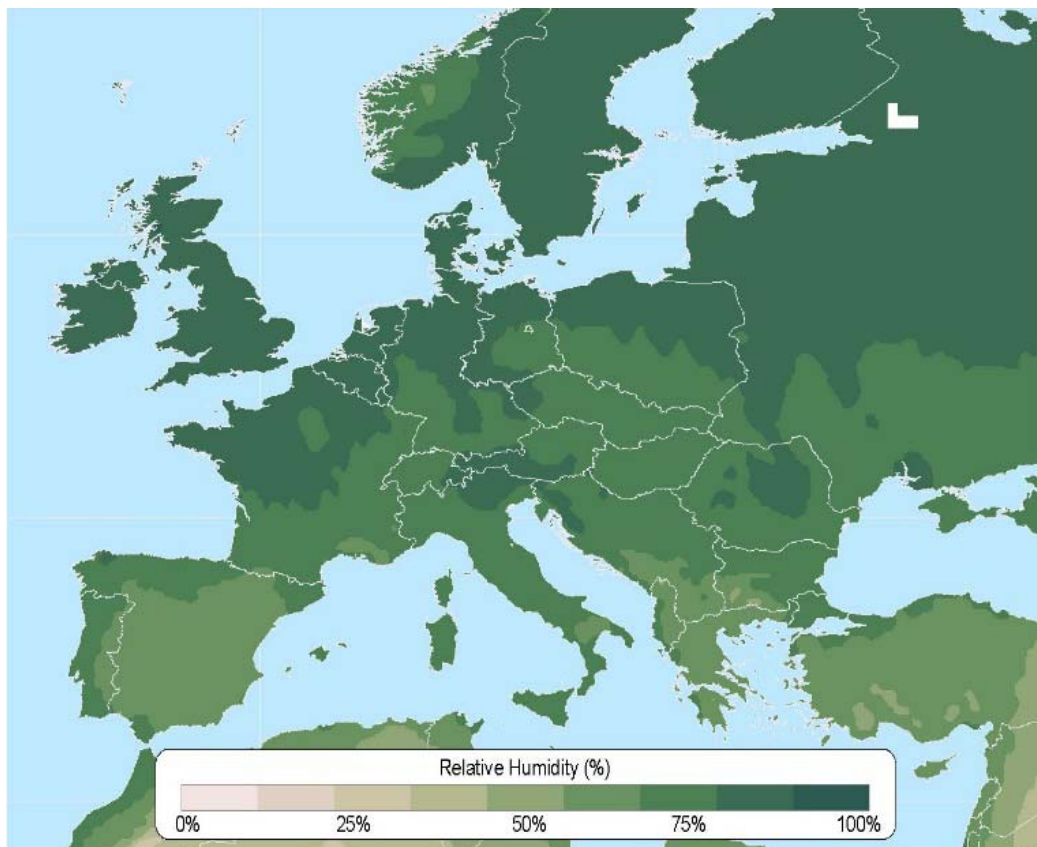


Figura 40 – Atlas europeu da média anual da umidade relativa do ar. (CSGE, 2014)

²⁴ Ponto de orvalho “é a temperatura à qual o vapor de água presente no ar ambiente passa ao estado líquido na forma de pequenas gotas.” (CLIMAONLINE, 2014)

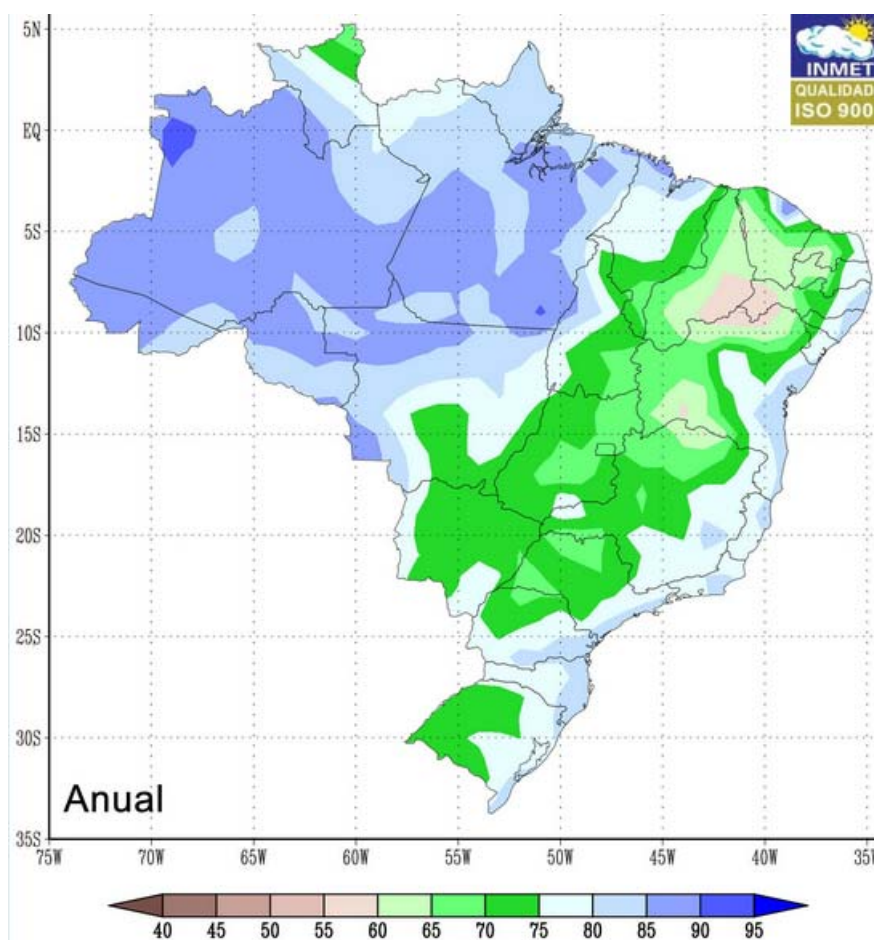


Figura 41 – Atlas brasileiro da média anual da umidade relativa do ar. (INMET, 2014)

No Brasil, de uma forma generalizada, dado o clima tropical, a estação úmida tende a ser a mais quente, o que, comparativamente com a realidade europeia, minimiza a ocorrência de condensações.

Nesta perspectiva pode observar-se nestes atlas, referentes às duas regiões, que apesar da representação ser dispare, as percentagens não diferem em muito.

4.4 CONDICIONANTES SOCIO-ECONÓMICAS

O ETICS está largamente associado aos tempos de crise econômica, seja no período pós Segunda Guerra Mundial, seja nas crises econômicas dos anos 60 - 70. A sua disseminação deu-se tanto ao nível da construção como da reabilitação (*retrofit*).

A ideia de economia, quer energética, quer econômica, torna-se indissociável deste sistema, embutindo-o de uma carga implícita de sustentabilidade, uma vez que se encaixa bem, não apenas no campo dos isolamentos eficientes, mas também nas soluções de baixo custo.

Atualmente, com as crises energéticas, a busca cada vez mais acentuada por sistemas de construção sustentáveis, em que a economia de recursos é cada vez mais a matriz principal de preocupação, o ETICS continua a se encaixar na realidade construtiva de muitos países, como uma das soluções mais viáveis.

4.4.1 Estimativa Genérica de Custos

Apesar das paredes ventiladas, serem consideradas a tecnologia mais sustentável, por muitos autores (apesar de apresentarem muitas desvantagens comparativamente com os sistemas ETICS), estas perdem pontos em termos de custo-benefício, pois nunca escapam ao sistema de parede dupla. Mesmo que o pano externo não seja caracterizado como parede comum (alvenaria), ele será sempre um pano de algum material fixado à parede base e como tal, o investimento em material e mão-de-obra acaba por ser maior. Principalmente porque, o fator que agrega sustentabilidade a este sistema de paredes ventiladas é o fato do revestimento externo poder ser feito em placas de pedra, no entanto, esse mesmo fator faz disparar o custo.

Na realidade europeia, tal como referido anteriormente, em que os sistemas de isolamento evoluíram de soluções de parede dupla de alvenaria para novas tecnologias de paredes ventiladas, pode até baratear-se a construção, uma vez que é poupado um pano de alvenaria em detrimento de uma estrutura metálica (ou outra). Assim, o sistema ETICS acaba por ser associado a uma solução ainda mais econômica, pois isenta por completo a duplicação de elementos, substituindo-os por camadas mais eficientes de um revestimento.

Entretanto, na realidade brasileira, tal como se concluiu no capítulo anterior, a parede dupla não faz parte do padrão construtivo genérico do país. Nesse caso, não se pode considerar o sistema de fachada ventilada como uma substituição *high-tech* do método da parede dupla, e muito menos, considerar que o ETICS poderá entrar no mercado como um sistema de baixo custo. Comparado com os panos de alvenaria simples, sem isolamento algum, correntemente utilizados na maioria da construção brasileira, até o sistema ETICS entra como um adicional no custo da realidade corrente.

Também deve ser levado em consideração o custo dos materiais isolantes, uma vez que, em certos casos, este representa mais de 50% do custo total do sistema. O material mais econômico do mercado internacional para isolamento externo em vedações verticais é o EPS, e este é utilizado em cerca de 90 % dos sistemas, visto que os materiais naturais ou minerais são mais dispendiosos (custam 4 a 5 vezes mais), mesmo acrescentando que os seus resultados também são mais eficientes.

Levando em consideração os fatores supracitados, o custo médio de instalação do ETICS, por m², em Portugal, varia entre 25 e 55 Euros, dependendo do grau de dificuldade da fachada e dos materiais escolhidos, considerando que nesta média se inclui o cimento colante, as placas de EPS, o reforço de fibra de vidro, o primer fixador, o revestimento externo, o arranque em alumínio e os perfis de canto (AUTORA, 2014). Comparativamente, o custo médio, por m², de uma parede de alvenaria dupla com isolamento térmico interno, varia também ele entre 25 e 50 Euros (AUTORA 2014), sendo que os ganhos térmicos com a utilização do ETICS são comprovadamente maiores.

Para o Brasil não é possível fazer uma estimativa de custos verídica, uma vez que o custo dos materiais acaba por variar consoante a demanda. No entanto, acredita-se que em um primeiro estágio de implantação do sistema, o custo, quer de fabricação, quer de mão-de-obra, seria consideravelmente alto, comparativamente com a realidade que se vive nos países em que o sistema já é corrente.

4.4.2 Conforto Visual e Tátil

A resistência cultural, frequente na aceitação de novas tecnologias, gera sempre dúvidas e contestações a respeito dos fundamentos de determinado sistema.

O ETICS levanta dois grandes preconceitos em relação à sua aplicação. Um deles, associado ao toque, uma vez que o isolamento se encontra pelo exterior e, como tal, o imaginário leigo flui para uma parede “mole”, sendo que, a preocupação aí mascarada reside na questão da resistência ao choque. Outro seria a questão visual, derivado de uma das suas patologias mais frequentes, a condensação superficial externa, pois causa manchas e por consequência transporta o edifício para uma avaliação conceitual de manutenção deficiente.

Em relação ao choque, obviamente as características do material utilizado irão influenciar na qualidade geral da composição. Só tomando como exemplo o EPS, existem várias densidades e espessuras no mercado e nem todos são aplicáveis ou recomendáveis para isolamentos de vedações verticais, visto que a sua resistência irá influenciar a vida útil do reboco armado colocado por cima.

Desta forma, é necessário um estudo de resistência ao choque, como exemplificado na Figura 42, para que o material seja homologado e a partir daí, não haverá motivo para que esta seja temida.



Figura 42 – Teste de resistência ao choque, realizado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal. (LNEC, 2010)

Relativamente à questão visual, o ETICS é um sistema composto com isolamento, mas não deixa de ser um mero reboco em termos de aparência. Só esse fator pode levantar uma série de preconceitos, desde muita necessidade de manutenção com pintura, a uma fraca resistência a chuva e umidade. No entanto, o reboco simples é já um revestimento culturalmente aceite na construção brasileira, pelo que, com o ETICS em nada muda nesse quesito.

Em termos do surgimento de manchas causadas por condensações, estas podem ser motivo de preconceito, mesmo não trazendo qualquer malefício à construção, porque no caso do ETICS, o edifício em si encontra-se totalmente protegido pela camada de isolamento. Todavia, estas trazem um aspeto mal conotado socialmente, associado a desleixo.

Na Figura 43, pode ver-se o conjunto de edifícios, que formam a Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, em Portugal, totalmente revestidos com ETICS e onde se verificam superfícies bastante manchadas, quer por sujidade, decorrente da escorrência da água da chuva, quer por formações de micro-organismo, no caso, musgo.



Figura 43 – Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, em Portugal. (A2OFFICE, 2011)

No entanto, deve-se levar em consideração que este exemplo se localiza no Porto, cidade litorânea, caracterizada pelos elevados índices de umidade e por baixas temperaturas, na estação de Inverno, além de que o edifício possui cerca de 30 anos e nunca foi repintado. Assim, considerando estes fatores, pode afirmar-se que estas ocorrências seriam diminuídas à realidade brasileira, pelas questões climáticas já referidas e porque uma média de 30 anos para manutenção é uma marca aceitável à luz das práticas brasileiras atuais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer deste estudo, com base em analogias e deduções relativas à aplicação com sucesso do sistema ETICS em outros países, conclui-se não só que é viável a sua utilização na construção brasileira, como esta pode contribuir para aumentar o padrão técnico da construção civil brasileira, em eficiência térmica e qualidade ambiental. Considerando que, para cada um dos tópicos analisados ao longo desta pesquisa, pôde concluir-se individualmente que:

- Considerando a variação de tipologias, materiais e técnicas, deve ser levado em consideração que a standardização do sistema é uma das formas de facilitar o controle de qualidade. Assim, num primeiro momento de introdução, quanto menos tipos forem apresentados, menos hipóteses haverá de variações e interpretações;
- Cada material (tipo, características, espessura, entre outros) deve ser calculado por profissionais especializados que analisem as necessidades específicas da obra;
- Os materiais para o ETICS existem no Brasil, só será necessário criar uma adaptação da sua fabricação às necessidades da construção, da mesma forma que houve essa adaptação gradual com a introdução de materiais isolantes em telhas;
- As recentes normas brasileiras, referentes a isolamento térmico em edificações, ainda contemplam poucas soluções viáveis, e o ETICS prova ter potencialidade para se tornar uma delas;
- Apesar do singular clima tropical brasileiro, pode-se afirmar que, analogamente às conclusões retiradas da utilização do ETICS em outros países e levando em consideração as várias teorias citadas ao longo deste estudo, de que o sistema tem um potencial de adaptabilidade a várias variações térmicas de um mesmo clima, e de climas distintos, conclui-se que as condicionantes climáticas relativas à temperatura não constituem um entrave à sua utilização;
- A umidade, a principal causadora de patologias no ETICS, na Europa, não apresenta tendência de patologias, quando aplicada em território nacional;

- Aumento do custo da obra, no global, considerando o tipo de construção típica atual. No entanto, a fim de responder às novas demandas térmicas do país, torna-se uma necessidade recorrer a soluções além da parede de alvenaria simples e, nesse sentido, o ETICS entra como uma solução econômica;
- Espera-se uma aceitação cultural fácil, uma vez que o aspecto de uma fachada revestida com ETICS é igual à de uma cujo acabamento é uma pintura simples.

Como sugestão para trabalhos futuros, em continuação a este estudo de base teórica, em função de complementar as lacunas existentes, sugere-se que:

- Seja elaborado um manual de treinamento para técnicos especializados, a fim de garantir que haja uma qualidade padrão na montagem do sistema, uma vez que este não é pré-fabricado, mas sim executado *in loco*;
- Seja conduzida uma experimentação laboratorial para comprovar as teorias deduzidas e, à luz do que aconteceu na Europa, seja elaborado um relatório nacional de avaliação, para que as futuras empresas possam ter uma base de características e qualidades a cumprir.

REFERÊNCIAS

- A2OFFICE. **FAUP.jpg**. 2011. Disponível em: <<http://www.a2office.net/2011>>. Acesso em: 10 fev.2014
- ALLEN, Edward. **Como os edifícios funcionam**. A ordem natural da arquitetura. 1ed. São Paulo. WMF Martins Fontes. 2011
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- BARDOU, Patrick, ARZOUMANIAN, Varoujan. **Arquiteturas de Adode**. Barcelona, Gustavo Gili, 1983
- BRIGNOR. **Catálogo de produtos**. Disponível em: <www.brignor.com/>. Acesso em: 02 mar.2014
- CADMAN, Steve. **Apartments-Nathan Road-Hong Kong.jpg**. 2006. Disponível em: <www.flickr.com/photos/stevecadman/108603287/>. Acesso em: 06 fev.2014
- CLIMAONLINE. **Como calcular o ponto de orvalho**. Art-11/11. Disponível em: <http://www.climaonline.com.br/art_pdf/calc_po.pdf>. Acesso em: 20 jan.2014
- CORREIA DA SILVA, J.J.; **Contributo para a melhoria do desempenho térmico das paredes de taipa**. Artigo in: Congresso Construção 2012. Coimbra 2012
- CREASEY, L. **Interior of the crystal palace by thoms paxton 1851.jpg**. 2012. 1 Imagem. Preto e Branco. Disponível em: <www.lesliecreasey.blogspot.com.br/2012/06/new-glass-architecture-something-to-see.html>. Acesso em: 10 mar.2014
- CSGE. **Atlas of the Biosphere**. Center for Sustainability and the Global Environment. University of Wisconsin. Madison. Disponível em: <www.sage.wisc.edu/atlas/maps/avgannrh/atl_avgannrh_eur.jpg>. Acesso em: 12 fev.2014
- DIÁRIO DA REPÚBLICA (Portugal). **Decreto-lei nº 80/2006**: Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) - art.14^a-a. Lisboa, 2006
- EIMA. **About Eifs**. Disponível em: <<http://www.eima.com/about-eifs.shtml>>. Acesso em: 08 fev.2014
- ESFEROVITE. **Catálogo técnico**. 2013, Disponível em: <www.esferovite.pt>. Acesso em: 06 fev.2014

ESTEVES, Francisco M.G.F.; **Construções em climas tropicais: comportamento térmico de edifícios em Luanda**. 2009. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil da Universidade do Porto. Porto 2009.

EUROPEAN ORGANIZATION FOR TECHNICAL APPROVALS. **ETAG 004: External thermal insulation composite systems with rendering**. Bruxelas, 2008

FLICKR. **Catedral de Colônia**. JPEG. Disponível em: <www.flickr.com/photos/biberbach/9256861108>. Acesso em 05 fev.2014

FLOREA, Vitalie. **External thermal insulation of buildings with expanded polystyrene**. 2012. Artigo. In: “Gheorghe Asachi”, Technical University of Iasi, Faculty of Civil Engineering and Building Services, Romênia, 2012

FREITAS, Ana F.M.C.Santos. **Arquitetura bioclimática e sustentabilidade ambiental no revestimento das fachadas**. 2008. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2008

HOLANDA, Erika Paiva Tenório. **Novas tecnologias construtivas para produção de vedações verticais: diretrizes para o treinamento da mão-de-obra**. 2003. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003

IBGE. **Bases cartográficas**. Geociências. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 fev.2014

INMET. **Normais climatológicos do Brasil**. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em: 15 fev.2014

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 15686/2011: Buildings and constructed assets – service life planning. Part 1: general principles and framework**. Genebra. 2011

JONOBRAS. **Catálogo de produtos**. 2014. Disponível em: <www.jonobras.pt/sistema-etics-capoto.html>. Acesso em: 11 fev.2014

LENA. **Catálogo Técnico**. 2013. Disponível em: <www.lena.pt/images/uploads/ETICS%20Clientes.pdf>. Acesso em: 06 fev.2014

LNEC. **Regras para a concessão de uma aprovação técnica Europeia (ETA) ou de um documento de homologação (DH) a sistemas compósitos de isolamento térmico pelo Exterior (ETICS)**. 2010. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa, 2010

MAGALHÃES, Ruane Fernandes de. **Edificações em light steel frame isoladas externamente com EIFS: avaliação de desempenho térmico pela NBR 15.575/2013**. 2013. Trabalho final (Graduação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013

MAPEI. **Mapetherm – External thermal insulation composite systems for buildings**. Guia Técnico. Disponível em: <http://www.mapei.com/public/CN/linedocument/qt_mapetherm_gb_bassa.pdf> Acesso em: 07 jan. 2014

MASCARENHAS, Jorge. **Sistema de Construção II: Paredes Exteriores** (1ª parte). 4. ed. Lisboa. Livros Horizonte. 2005.

MASCARÓ, Lucia. **Iluminação e arquitetura: sua evolução através do tempo**. 2005. Revista Vitruvius. Disponível em: <www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.063/438>. Acesso em: 25 jan, 2014

MASCARÓ, Lúcia. **Energia na edificação, estratégia para minimizar seu consumo**. Projeto de Editores Associados, n° 81, São Paulo. 1991.

MONTEIRO, Tiago A. Oliveira. **Light fantastic: a luz natural, a arquitectura e o homem**. 2009. Prova final (Graduação), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Coimbra, 2009

MÜLLER, Dominique Gauzin. **Arquitetura Ecológica**. Tradução Celina O. Souza e Caroline F. Freitas. São Paulo. Editora Senac São Paulo, 2011

NEOTERMICA, Isolantes térmicos e revestimentos metálicos. **Catálogo de Produtos**. [2013?]. Disponível em: <www.neotermica.com.br>. Acesso em: 08 fev.2014

NEUFERT, Ernest. **Arte de projetar em arquitetura**. 5 ed. São Paulo. Gustavo Gili. 1976

OLIVEIRA, José. **Metodologia de análise da patologia de fachadas de edifícios recentes com sistema ETICS**. 2011. Dissertação (Mestrado). Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto, 2011

PEREIRA, Fernando Pedro Fernandes. **Avaliação laboratorial do desempenho do ETICS**. 2009 Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2009

PINTO, Ana R.P.C.de Taveira. **Influência do clima nas condensações superficiais em fachadas revestidas com ETICS**. 2011. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2011

PRIMO, André Duarte de Oliveira. **Estudo da durabilidade de materiais e sistemas construtivos: Sistema ETICS**. 2008. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2008

PROTOLAB; **Condutividade térmica em materiais de construção**. 2014. Disponível em: <www.protolab.com.br>. Acesso em: 20 maio.2014

RAHAL, Marina S.; **O conforto térmico nas residências de Rino Levi**. 2006. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.

SECILARGAMASSAS. **Soluções de renovação**. 2014. Disponível em: <www.secilargamassas.pt/pt/solucoes-de-renovacao>. Acesso em: 10 fev.2014

SILVA, Jorge Miguel Barreiro. **Estudo da durabilidade do revestimento de paredes exteriores**. 2013. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2013

SOUSA, Hipólito. **Alvenarias em Portugal**. Situação actual e perspectivas futuras. Seminário sobre paredes de alvenaria. Porto, 2002

STEINMETZ, Katy. **Air-conditioning**. Time, 12 July 2010. Disponível em: <www.content.time.com/time/nation/article/0,8599,2003081,00.html>. Acesso em: 02 fev.2014

TEIXEIRA, Joaquim José Lopes. **Descrição do sistema construtivo da casa burguesa do porto entre os séculos XVII e XIX**: Contributo para uma história da construção arquitectónica em Portugal. 2004. Prova de aptidão pedagógica e capacidade científica. Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto. Porto, 2004

VALE DE GANDÂRA. **Catálogo técnico**. 2013. Disponível em: <<http://www.valegandara.com>>. Acesso em: 06 fev.2014