

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO

Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia

BRUNO MATIAS DOS SANTOS

DAFNE ALVES DOS SANTOS

FERNANDO RODRIGUES DA SILVA

JEAN PACHECO MATOS

**FACHADA-CORTINA: PROCESSO CONSTRUTIVO, MANIFESTAÇÕES  
PATOLÓGICAS E MEDIDAS PREVENTIVAS ASSOCIADAS**

**ENGENHARIA CIVIL**

SÃO PAULO

2023

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| BRUNO MATIAS DOS SANTOS     | RA00292111 |
| DAFNE ALVES DOS SANTOS      | RA00292108 |
| FERNANDO RODRIGUES DA SILVA | RA00292113 |
| JEAN PACHECO MATOS          | RA00292127 |

**FACHADA-CORTINA: PROCESSO CONSTRUTIVO, MANIFESTAÇÕES  
PATOLÓGICAS E MEDIDAS PREVENTIVAS ASSOCIADAS**

Trabalho apresentado à Faculdade de  
Ciências Exatas e Tecnologia da Pontifícia  
Universidade Católica de São Paulo, como  
parte dos requisitos necessários à  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil

Orientadora: Profa. Dra. Karen Niccoli  
Ramirez.

SÃO PAULO

2023

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| BRUNO MATIAS DOS SANTOS     | RA00292111 |
| DAFNE ALVES DOS SANTOS      | RA00292108 |
| FERNANDO RODRIGUES DA SILVA | RA00292113 |
| JEAN PACHECO MATOS          | RA00292127 |

**FACHADA-CORTINA: PROCESSO CONSTRUTIVO, MANIFESTAÇÕES  
PATOLÓGICAS E MEDIDAS PREVENTIVAS ASSOCIADAS**

Aprovado em:

16/11/2023

Banca Examinadora:

---

Orientador: Profa. Dra. Karen Niccoli Ramirez

---

Prof. Dr. Francisco Xavier Sevegnani

---

Profa. Dra. Roberta Vieira Raggi

“A execução é a responsável pelo milagre de transformar o nada em algo. Ideias são maravilhosas, conhecimentos são incríveis, mas a execução é o que realmente transforma, o que faz acontecer.”

Caio Carneiro

Dedicamos este trabalho aos nossos familiares e amigos, responsáveis por pavimentar o caminho responsável por nos guiar até essa conquista extraordinária do conhecimento.

## **AGRADECIMENTOS**

O desenvolvimento deste trabalho contou com a ajuda de diversas pessoas, dentre as quais agradecemos:

À nossa orientadora Karen Niccoli Ramirez que, ao longo desse ano, nos guiou e prestou todo o auxílio necessário para a elaboração do projeto.

Aos nossos pais e irmãos, que sempre nos incentivaram a correr atrás dos nossos objetivos.

Em especial, agradecemos ao Crescêncio Petrucci, consultor e projetista de fachadas, cuja expertise e orientação foram fundamentais para o desenvolvimento deste projeto. Sua contribuição com uma entrevista acrescentou um valor inestimável.

Agradecemos também a Rafael Antunes, sócio proprietário da empresa Artalum Artes em Alumínio, que gentilmente nos proporcionou uma visita à sua fábrica de esquadrias. Essa experiência prática foi enriquecedora e acrescentou uma perspectiva valiosa ao nosso estudo.

Por fim, agradecemos também aos nossos amigos e demais familiares que sempre estiveram conosco ao longo dessa jornada, compartilhando experiências e ensinamentos, sem jamais nos deixar desistir.

## RESUMO

As fachadas-cortina têm se tornado uma escolha comum na arquitetura contemporânea com grande avanço tecnológico nos últimos 20 anos, sendo uma das opções mais atraentes e modernas nas edificações. No entanto, é importante destacar que estas fachadas podem desenvolver manifestações patológicas que comprometem a durabilidade e desempenho dos edifícios e podem estar associadas a falhas de projeto, defeitos no controle de qualidade durante a fabricação, falhas no transporte, manuseio e /ou instalação e à falta de manutenção, comprometendo sua vida útil. Por meio de revisão bibliográfica e entrevistas com profissionais da área, esta pesquisa aborda os sistemas construtivos de fachadas-cortina mais comuns no Brasil: o *structural glazing*, a pele de vidro simples ou dupla — também chamada de encaixilhada, e os sistemas *stick* e unitizado, além de fornecer uma contextualização histórica da evolução dessas fachadas. São apresentadas as melhores práticas construtivas e normas técnicas atualizadas. Um estudo de caso com um empreendimento comercial na cidade de São Paulo é desenvolvido a partir da análise das manifestações patológicas que surgiram ao longo de sua vida útil e seus impactos no uso do edifício, sendo possível identificar que as manifestações patológicas lá encontradas decorrem de falhas no processo de execução da fachada.

**Palavras-chave:** fachadas-cortina; manifestações patológicas; desempenho; *structural glazing*; *stick*; unitizado.

## **ABSTRACT**

Curtain wall facades have become a common choice in contemporary architecture, with significant technological advancements over the last 20 years, making them one of the most attractive and modern options in building design. However, it is important to highlight that these facades can develop pathological issues that compromise the durability and performance of buildings. These issues can be associated with design flaws, defects in quality control during manufacturing, transportation and handling failures, installation issues, and a lack of maintenance, all of which can affect their service life. Through a literature review and interviews with industry professionals, this research addresses the most common curtain wall construction systems in Brazil: structural glazing, single- or double-glazed curtain walls, also known as framed glazing, and stick and unitized systems. It also provides a historical context of the evolution of these facades. The study presents best construction practices and up-to-date technical standards. A case study of a commercial project in the city of São Paulo is conducted, analyzing the pathological issues that emerged during its service life and their impacts on the building's use. It is possible to identify that the pathological issues found are a result of execution process failures in the facade.

**Keywords:** curtain wall facades; pathological manifestations; performance; structural glazing; stick; unitized.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Comparativo entre fachadas entre vãos e fachada-cortina. ....                  | 20 |
| Figura 2 – Vidro float comum. ....                                                        | 29 |
| Figura 3 – Cadeia de produção do vidro float.....                                         | 30 |
| Figura 4 – Padrão de fragmentação de um vidro float. ....                                 | 31 |
| Figura 5 – Vidro aramado.....                                                             | 32 |
| Figura 6 – Padrão de fragmentação de um vidro aramado. ....                               | 33 |
| Figura 7 – Fechamento executado em vidro temperado autoportante. ....                     | 34 |
| Figura 8 – Padrão de fragmentação de um vidro temperado. ....                             | 35 |
| Figura 9 – Vidro insulado. ....                                                           | 36 |
| Figura 10 – Vidro laminado. ....                                                          | 37 |
| Figura 11 – Padrão de fragmentação de um vidro laminado quebrado.....                     | 38 |
| Figura 12 – Vidro de controle solar. ....                                                 | 39 |
| Figura 13 – Nomenclatura das faces de composições de vidro plano. ....                    | 43 |
| Figura 14 – Processo utilizado para obtenção de alumina.....                              | 46 |
| Figura 15 – Processo de transformação de alumina calcinada em alumínio metálico.<br>..... | 47 |
| Figura 16 – Processo de anodização industrial.....                                        | 49 |
| Figura 17 – Processo de pintura eletrostática. ....                                       | 51 |
| Figura 18 – Vista de edifícios com fachada entre vãos e fachada-cortina. ....             | 54 |
| Figura 19 – Evolução dos métodos de fixação em fachadas envidraçadas. ....                | 55 |
| Figura 20 – Tipologia de fachadas. ....                                                   | 56 |
| Figura 21 – Modelo de fachada-cortina.....                                                | 57 |
| Figura 22 – Esquema de fachada structural glazing. ....                                   | 58 |
| Figura 23 – Detalhe em projeto da fita dupla-face. Destacado em vermelho. ....            | 60 |
| Figura 24 – Edifício da Procuradoria Geral da República. ....                             | 62 |
| Figura 25 – Modelo do perfil em fachada pele de vidro.....                                | 63 |
| Figura 26 – Edifício com fachada-cortina ....                                             | 63 |
| Figura 27 – Detalhe de fachada com sistema stick. ....                                    | 65 |
| Figura 28 – Sistema stick — structural glazing.....                                       | 66 |
| Figura 29 – Sistema stick — pele de vidro com vidro duplo. ....                           | 66 |
| Figura 30 – Edifício BankBoston ....                                                      | 67 |

|                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 31 – Exemplo de instalação fachada unitizada. ....                                                      | 68  |
| Figura 32 – Processo de vedação da fachada cortina. ....                                                       | 73  |
| Figura 33 – Componentes das fachadas stick.....                                                                | 76  |
| Figura 34 – Instalação de fachada stick com equipamentos de apoio. ....                                        | 77  |
| Figura 35 – Componentes.....                                                                                   | 79  |
| Figura 36 – Modelo sistema unitizado.....                                                                      | 81  |
| Figura 37 – Ancoragem de sistema unitizado. ....                                                               | 82  |
| Figura 38 – Módulos unitizados para serem instalados no pavimento. ....                                        | 82  |
| Figura 39 – Instalação de modulo unitizado.....                                                                | 83  |
| Figura 40 – Rack metálico para transporte dos módulos unitizados. ....                                         | 84  |
| Figura 41 – Mapa de Isopletas do Brasil, conforme NBR 6123: 2019.....                                          | 88  |
| Figura 42 – Comportamento da radiação solar sobre o vidro. ....                                                | 90  |
| Figura 43 – Formas de transferência de calor numa esquadria. ....                                              | 91  |
| Figura 44 – Manchas no vidro decorrentes do processo de irisação inicial. ....                                 | 99  |
| Figura 45 – Manchas no vidro decorrentes do processo de irisação avançado.....                                 | 99  |
| Figura 46 – Vista externa da fachada do edifício Seculum II a partir da Rua Maria Rosa.....                    | 100 |
| Figura 47 – Módulo de fachada desalinhado. ....                                                                | 101 |
| Figura 48 – Módulos parcialmente soltos.....                                                                   | 102 |
| Figura 49 – Resquícios de argamassa na superfície do caixilho.....                                             | 102 |
| Figura 50 – Vidro fissurado devido ao contato direto do perfil de vidro com o parafuso de fixação.....         | 103 |
| Figura 51 – Formação de micro trincas no perfil de vidro devido ao corte da peça sem ferramenta adequada. .... | 104 |
| Figura 52 – Esquema de uso das gaxetas de EPDM.....                                                            | 105 |
| Figura 53 – Desgaste nas gaxetas externas. ....                                                                | 105 |
| Figura 54 – Gaxeta solta. ....                                                                                 | 106 |
| Figura 55 – Gaxeta/borracha fissurada e cortada. ....                                                          | 106 |
| Figura 56 – Silicone craquelado. ....                                                                          | 107 |
| Figura 57 – Acúmulo de corrosão ocasionado pelo uso inadequado de produtos de limpeza.....                     | 108 |
| Figura 58 – Seculum I, localização.....                                                                        | 109 |
| Figura 59 – Edifício Seculum I.....                                                                            | 110 |

|                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 60 – Caixilho totalmente removido para inspeção.....                                                                                                             | 112 |
| Figura 61 – Mancha de acúmulo de água, caixilho removido (I). ....                                                                                                      | 113 |
| Figura 62 – Mancha de acúmulo de água, caixilho removido (II). ....                                                                                                     | 113 |
| Figura 63 – Gaxeta Rompida (I). ....                                                                                                                                    | 114 |
| Figura 64 – Gaxeta Rompida (II). ....                                                                                                                                   | 114 |
| Figura 65 – Falta de elemento vedante na divisa das interfaces (I). ....                                                                                                | 115 |
| Figura 66 – Falta de elemento vedante na divisa das interfaces (II). ....                                                                                               | 115 |
| Figura 67 – Interface em fachada-cortina inspecionada.....                                                                                                              | 116 |
| Figura 68 – Maxim-ar projetante sendo desmontado para avaliação (I). ....                                                                                               | 116 |
| Figura 69 – Maxim-ar projetante sendo desmontado para avaliação (II). ....                                                                                              | 117 |
| Figura 70 – Estrutura de alumínio do caixilho perfurado e rompido. ....                                                                                                 | 117 |
| Figura 71 – Pontos de vulnerabilidades à infiltração. ....                                                                                                              | 118 |
| Figura 72 – Esquema de Infiltração de água pelo revestimento externo (I). ....                                                                                          | 119 |
| Figura 73 – Esquema de Infiltração de água pelo revestimento externo (II). ....                                                                                         | 120 |
| Figura 74 – Profissional removendo silicone de rejuntamento das interfaces em granito para início dos reparos. ....                                                     | 122 |
| Figura 75 – Profissionais removendo as gaxetas externas da fachada-cortina para início dos reparos .....                                                                | 123 |
| Figura 76 – Projeto proposto para vedação dos pontos de infiltração.....                                                                                                | 123 |
| Figura 77 – Remoção do granito para execução da vedação proposta .....                                                                                                  | 124 |
| Figura 78 – Arte 3D demonstrando as gaxetas externas. ....                                                                                                              | 124 |
| Figura 79 – Arte 3D demonstrando as gaxetas externas. ....                                                                                                              | 125 |
| Figura 80 – Arte 3D demonstrando a junta com aplicação do silicone.....                                                                                                 | 126 |
| Figura 81 – Vista externa da junta horizontal de silicone no topo da fachada-cortina evidenciando o acabamento “espatulagem” da junta de silicone em conformidade. .... | 127 |
| Figura 82 – Evidenciação da regulagem de pressão para realização do ensaio.....                                                                                         | 128 |
| Figura 83 – Profissional posicionado na face externa realizado o ensaio na fachada-cortina (I). ....                                                                    | 128 |
| Figura 84 – Profissional posicionado na face externa realizado o ensaio na fachada-cortina (II). ....                                                                   | 129 |
| Figura 85 – Profissional posicionado no interior do ambiente acompanhando o ensaio em caixilho individual. ....                                                         | 130 |

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 86 – Ambiente interno evidenciado sem nenhum ponto de infiltração durante a realização do ensaio. .... | 130 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## **LISTA DE FLUXOGRAMAS**

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Fluxograma 1 – Cadeia produtiva do vidro plano no Brasil. .... | 28 |
| Fluxograma 2 – Execução simplificado da fachada stick. ....    | 80 |
| Fluxograma 3 – Montagem da fachada unitizada.....              | 86 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Composição do vidro.....                                                     | 26 |
| Tabela 2 – Tipos de vidros fabricados e processados. ....                               | 28 |
| Tabela 3 – Composição química do vidro float.....                                       | 30 |
| Tabela 4 – Vidro beneficiado.....                                                       | 40 |
| Tabela 5 – Vidros obtidos diretamente nas fabricas.....                                 | 40 |
| Tabela 6 – Vidros com tratamento superficial. ....                                      | 41 |
| Tabela 7 – Vidros especiais. ....                                                       | 42 |
| Tabela 8 – Acabamentos de bordas para o vidro plano. ....                               | 44 |
| Tabela 9 – Classes de tratamento anódico. ....                                          | 49 |
| Tabela 10 – Processo de colagem em vidro com fita dupla-face. ....                      | 61 |
| Tabela 11 – Normas para esquadrias e perfis.....                                        | 71 |
| Tabela 12 – Níveis de Desempenho de Esquadrias. ....                                    | 75 |
| Tabela 13 – Relação de componentes da fachada stick. ....                               | 78 |
| Tabela 14 – Tabela de Isopletras, conforme NBR 6123: 2019.....                          | 88 |
| Tabela 15 – Frequência de limpeza recomendada de acordo com o fator ambiental.<br>..... | 94 |
| Tabela 16 – Principais agentes de degradação em fachadas.....                           | 97 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|           |                                                                          |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|
| AAMA      | American Architectural Manufactures Association                          |
| ABAL      | Associação Brasileira do Alumínio                                        |
| ABNT      | Associação Brasileira de Normas Técnicas                                 |
| ABRAVIDRO | Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos |
| ACM       | Aluminium Composite Material                                             |
| AFEAL     | Associação Nacional de Fabricantes de esquadrai de Alumínio              |
| ASTM      | American Society for Testing and Materials                               |
| BIM       | Building Information Modeling                                            |
| EPDM      | Ethylene Propylene Diene Monomer (M-class) Rubber                        |
| EVA       | Etileno Vinil acetato                                                    |
| IADS      | International Alloy Designation System                                   |
| NBR       | Norma Brasileira Reguladora                                              |
| PVB       | Polivinil Butiral                                                        |
| UV        | Ultravioleta                                                             |

## SUMÁRIO

|            |                                                       |           |
|------------|-------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                               | <b>19</b> |
| <b>1.1</b> | <b>Objetivos .....</b>                                | <b>22</b> |
| 1.1.1      | Objetivo Geral.....                                   | 22        |
| 1.1.2      | Objetivos Específicos .....                           | 22        |
| <b>1.2</b> | <b>Metodologia .....</b>                              | <b>22</b> |
| <b>1.3</b> | <b>Justificativa.....</b>                             | <b>23</b> |
| <b>1.4</b> | <b>Estrutura da pesquisa.....</b>                     | <b>23</b> |
| <b>2</b>   | <b>COMPONENTES E MATÉRIAS PRIMAS DE FACHADAS.....</b> | <b>25</b> |
| <b>2.1</b> | <b>O Vidro.....</b>                                   | <b>25</b> |
| 2.1.1      | Propriedades gerais .....                             | 26        |
| 2.1.2      | Cadeia de produção .....                              | 27        |
| 2.1.3      | Vidro <i>float</i> .....                              | 29        |
| 2.1.4      | Vidro aramado .....                                   | 32        |
| 2.1.5      | Vidro temperado .....                                 | 33        |
| 2.1.6      | Vidro insulado.....                                   | 35        |
| 2.1.7      | Vidro laminado.....                                   | 36        |
| 2.1.8      | Vidro de controle solar ou espelhado .....            | 38        |
| 2.1.9      | Demais vidros.....                                    | 39        |
| 2.1.10     | Nomenclatura das faces e tratamento de bordas .....   | 42        |
| <b>2.2</b> | <b>Caixilharia .....</b>                              | <b>44</b> |
| 2.2.1      | Alumínio.....                                         | 45        |
| 2.2.2      | Cadeia de produção .....                              | 46        |
| 2.2.3      | Extrusão .....                                        | 47        |
| 2.2.4      | Anodização.....                                       | 48        |
| 2.2.5      | Pintura eletrostática.....                            | 50        |
| 2.2.6      | Componentes .....                                     | 52        |
| <b>3</b>   | <b>TIPOLOGIA DE FACHADAS.....</b>                     | <b>53</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Fachada-cortina.....</b>                           | <b>56</b> |
| <b>3.2</b> | <b><i>Structural glazing</i> .....</b>                | <b>58</b> |
| <b>3.3</b> | <b>Pele de vidro — encaixilhada .....</b>             | <b>62</b> |
| <b>3.4</b> | <b>Sistema <i>stick</i>.....</b>                      | <b>64</b> |

|            |                                                            |            |
|------------|------------------------------------------------------------|------------|
| <b>3.5</b> | <b>Sistema unitizado .....</b>                             | <b>66</b>  |
| <b>3.6</b> | <b>Processo de execução e instalação .....</b>             | <b>68</b>  |
| 3.6.1      | Referencial normativo.....                                 | 68         |
| 3.6.2      | Fatores de qualidade .....                                 | 72         |
| 3.6.2.1    | Mão de obra especializada.....                             | 72         |
| 3.6.2.2    | Ensaio e laudo .....                                       | 73         |
| 3.6.3      | Processo de execução fachada <i>stick</i> .....            | 76         |
| 3.6.4      | Processo de execução fachada unitizada .....               | 81         |
| <b>3.7</b> | <b>Indicadores de Desempenho.....</b>                      | <b>87</b>  |
| 3.7.1      | Cargas e peso próprio .....                                | 87         |
| 3.7.2      | Força do vento.....                                        | 87         |
| 3.7.3      | Iluminação natural e ventilação .....                      | 89         |
| 3.7.4      | Desempenho térmico .....                                   | 90         |
| 3.7.5      | Infiltração de ar.....                                     | 92         |
| 3.7.6      | Estanqueidade à água.....                                  | 92         |
| 3.7.7      | Deflexão .....                                             | 92         |
| 3.7.8      | Manutenção.....                                            | 92         |
| <b>4</b>   | <b>MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS .....</b>                     | <b>95</b>  |
| <b>4.1</b> | <b>Conceituação .....</b>                                  | <b>95</b>  |
| <b>4.2</b> | <b>Manifestações patológicas em fachadas-cortina .....</b> | <b>96</b>  |
| 4.2.1      | Incompatibilidades físicas e químicas — Irisação .....     | 98         |
| 4.2.2      | Projeto .....                                              | 100        |
| 4.2.3      | Instalação .....                                           | 101        |
| 4.2.4      | Desgaste natural ou por uso.....                           | 104        |
| 4.2.5      | Falta de manutenção .....                                  | 108        |
| <b>5</b>   | <b>ESTUDO DE CASO .....</b>                                | <b>109</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Objeto de estudo .....</b>                              | <b>109</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Metodologia do estudo de caso .....</b>                 | <b>110</b> |
| <b>5.3</b> | <b>Identificação e caracterização das patologias.....</b>  | <b>111</b> |
| <b>5.4</b> | <b>Estratégias de mitigação e reabilitação.....</b>        | <b>121</b> |
| <b>5.5</b> | <b>Discussão de Resultados do Estudo.....</b>              | <b>131</b> |
| <b>6</b>   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                          | <b>132</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Trabalhos futuros .....</b>                             | <b>133</b> |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| <b>7 REFERÊNCIAS.....</b>          | <b>134</b> |
| <b>APÊNDICE – Entrevista .....</b> | <b>141</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O vidro é um material que está intrinsecamente ligado à história humana e tem adquirido protagonismo crescente nas últimas décadas dentro da construção civil, sendo um elemento básico em projetos arquitetônicos (MARINHO, 2012). Aprendeu-se mais sobre o vidro nos últimos 50 anos do que em toda a história humana pregressa (ARKEMAN, 2000). Devido a sua aparência limpa, elegante e funcional, elas são frequentemente selecionadas como método construtivo dos empreendimentos para fornecer uma visão sofisticada aos edifícios comerciais e residenciais.

Possui vantagens que vão desde a melhoria em termos de eficiência energética nas edificações, por colaborar com a redução do uso de luz artificial já que permitem a passagem da luz natural, além de vantagens em termos de desempenho acústico e térmico, visto que o material possui propriedades isolantes e atualmente atendem as mais diversas normas quanto a segurança na sua utilização em coberturas, fachadas e marquises (CBIC, 2017)

Araújo (2018) menciona que a evolução de fachadas-cortina como opção válida para acabamento de fachadas obteve uma rápida evolução no cenário da construção civil no Brasil, em detrimento das já utilizadas fachadas entre vãos.

Segundo Petrucci (comunicação verbal, 2023), chama-se fachada entre vãos aquela em que sempre que há algum elemento — podendo ser alvenaria, painel de concreto ou granito — interrompendo a área envidraçada. Já a fachada-cortina, caracteriza-se por ter toda a estrutura de vidro e alumínio passando por fora da estrutura de concreto, dando mais ênfase ao vidro. A Figura 1 exemplifica uma fachada entre vãos e uma fachada-cortina.

Figura 1 – Comparativo entre fachadas entre vãos e fachada-cortina.



Fonte: Adaptado de Petrucci, 2023.

Na Figura 1 (a), temos uma fachada entre vãos. Os elementos em laranja interrompem a área envidraçada, representada pelos elementos em cinza. Já na Figura 1 (b), a área envidraçada, também em cinza, passa por fora da estrutura, envolvendo toda a edificação.

Nos últimos 15 anos, o mercado nacional de fachadas experimentou um avanço significativo. Além do já utilizado sistema tipo *stick* — colunas, travessas e quadros com os vidros colados e parafusados na estrutura, foi introduzido no Brasil uma nova forma de montagem: as fachadas unitizadas, possibilitando os trabalhos com painéis deixando a instalação muito ágil, sendo possível dar início ao envelopamento da edificação antes mesmo de ter a estrutura concluída (CARDOSO, 2022).

Porém, o mercado da construção civil no Brasil é cíclico, possuindo altos e baixos. Em períodos no qual o mercado é favorável, profissionais qualificados e capacitados acabam não suprimindo a alta demanda do mercado, levando-se em consideração um cenário em que a formação do profissional é um processo lento e os prazos para concluir os empreendimentos estão cada vez mais curtos (PETRUCCI, 2023). Apesar dos muitos benefícios que essas fachadas podem oferecer, acabam também por apresentar desafios significativos, sendo necessário existir um desenvolvimento da tecnologia nacional e projetos mais bem elaborados, nos quais

sejam consideradas as questões acerca do bom desempenho da fachada em uso (OLIVEIRA, 2009).

Questões como segurança, eficiência energética, isolamento acústico, estanqueidade à água, durabilidade e manutenibilidade devem ser levados em consideração, uma vez que, ao ignorar esses aspectos, uma fachada mal projetada e/ou executada pode impactar no uso de sistemas de climatização e iluminação, fazendo com que haja um maior custo para operação e manutenção, e por fim, podendo até comprometer o desempenho de outros subsistemas associados (VEDOVELLO, 2012).

Nesse sentido, manifestações patológicas podem surgir, variando de problemas estéticos menores, como manchas e descoloração, até a problemas mais graves como delaminação e ruptura da fachada. As manifestações patológicas em fachadas envidraçadas podem ter várias causas, incluindo a falta de manutenção, a escolha de materiais e/ou técnicas de construções que não seguem as orientações normativas vigentes, além de falhas nos processos de qualidade durante a montagem da fachada. Podem ainda, ter seu desempenho afetado por mudanças de temperatura, vento, chuva e poluição (CARVALHO, 2014).

Essas questões podem levar a uma série de problemas que afetam a funcionalidade, estética e segurança das fachadas. Portanto, é fundamental entender a natureza desses problemas e desenvolver soluções eficazes para preveni-los ou em casos necessários, corrigi-los.

Dentro desse contexto, a presente pesquisa insere-se com intuito de aprimorar o conhecimento sobre a construção de fachadas-cortina, abordando os benefícios e malefícios empregados com seu processo, além de contar com um estudo de caso que irá expor as manifestações patológicas encontradas.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Esta pesquisa tem como objetivo identificar as principais manifestações patológicas e medidas preventivas em fachadas-cortina decorrentes do seu processo construtivo.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Fornecer um panorama geral dos materiais relacionados à confecção de fachada-cortina, apresentando os diferentes tipos de vidros e alumínio, bem como suas respectivas propriedades mecânicas, físicas e químicas.

Explicar o processo executivo dos diferentes tipos de fachada-cortina, desde o beneficiamento das matérias-primas até a instalação da fachada, de acordo com as normas e manuais técnicos que definem sua aplicação e controle de qualidade.

Apresentar as principais manifestações patológicas em fachadas-cortina e identificar suas principais causas.

Estudar as manifestações patológicas encontradas no Empreendimento *Seculum I*, com o intuito de ponderar as possíveis medidas corretivas, assim como apresentar medidas preventivas durante o processo executivo.

## **1.2 Metodologia**

Para a realização do presente trabalho, foi utilizada pesquisa descritiva e revisão bibliográfica de artigos acadêmicos, dissertações, teses, reportagens e normas que regem a execução e manutenção de fachadas envidraçadas.

A fim de complementar a descrição do processo construtivo, foram realizadas visitas técnicas a uma empresa responsável pela confecção de esquadrias de alumínio.

Um estudo de caso em um edifício comercial situado em São Paulo foi realizado no intuito de identificar as manifestações patológicas decorrentes do processo construtivo da fachada-cortina. Para a consolidação dos dados colhidos, foram utilizados artifícios como visitas técnicas ao local, assim como relatórios de vistorias realizadas previamente, contendo acervo fotográfico, descrição e caracterização das manifestações patológicas identificadas.

A título de enriquecer a pesquisa, foi realizada uma entrevista de um profissional da área, contextualizando o cenário de fachadas atual, assim como uma análise técnica para a caracterização de eventuais manifestações patológicas e as possíveis soluções.

### **1.3 Justificativa**

Abordar as soluções existentes em projetos de fachada se torna cada vez mais bem-vindo dentro de projetos de desenvolvimento social de empreendimentos em grandes cidades. Assim como a vitrine de uma loja, as fachadas são a primeira forma de *marketing* que um comércio, uma residência ou empresa possui para se destacar e perante seu usuário ou consumidor. Petterson (2011, p. 26) afirma que “[...] nenhum outro sistema da construção afeta tanto a aparência quanto o desempenho da fachada”.

O setor de fachadas envidraçadas tem experimentado um crescimento acelerado, o que tem gerado uma disparidade e um atraso na educação deste campo. Infelizmente, existe uma escassez de literatura disponível para os profissionais brasileiros atuantes nessa área (ARAÚJO, 2018).

Portanto, é necessário atrair maior atenção ao conhecimento acerca de como essas fachadas funcionam, bem como as eventuais manifestações patológicas e como corrigi-las, principalmente em um cenário em que cada vez mais essa solução ganha espaço na cidade de São Paulo, uma vez que não há normas específicas para as fachadas envidraçadas, somente normas que tratam dos materiais que a compõem (SOUZA *et al.*, 2020).

Nesse contexto, esta pesquisa tem como justificativa a necessidade de promover conhecimento acerca do processo de confecção de uma fachada-cortina, evidenciando as características intrínsecas a esse processo construtivo, bem como as eventuais manifestações patológicas decorrentes desse processo.

### **1.4 Estrutura da pesquisa**

Foi proposto, para o TCC II, o desenvolvimento da pesquisa em sete capítulos, abordando os seguintes itens:

O primeiro capítulo destina-se à contextualização do tema, justificando o assunto abordado, expondo o objetivo geral e seus objetivos específicos, bem como

a metodologia proposta para a elaboração do trabalho, de forma a fornecer um panorama geral das fachadas em pele com vidro.

O segundo capítulo apresenta as matérias primas principais que compõe uma fachada envidraçada — o vidro e o alumínio, abordando suas principais características, os diferentes tipos de vidros, o processo de beneficiamento do alumínio, bem como as normas que norteiam o manuseio desses materiais.

No terceiro capítulo, são apresentadas as tipologias de fachadas-cortina: o *structural glazing* e a pele de vidro simples ou dupla — também conhecida como encaixilhada, além dos sistemas *stick* e unitizado, expondo suas características. Neste capítulo, também são levantados os aspectos ambientais acerca desse método construtivo e o processo de execução de fachadas-cortina, abordando o beneficiamento dos materiais empregados na confecção, transporte, manuseio e instalação dos painéis. Também são apresentados os possíveis indicadores de performance que atuam na fachada.

No quarto capítulo, manifestações patológicas são conceituadas e apresentadas. Pontos envolvendo incompatibilidades físicas e químicas, projeto, instalação, desgaste natural — ou por uso, e falta de manutenção são abordados, com o intuito de evidenciar como essas manifestações patológicas podem ocorrer.

No quinto capítulo, é apresentado um estudo de caso no edifício *Seculum I* — localizado na Av. Brigadeiro Faria Lima, 3144, Itaim Bibi – São Paulo – SP—, empreendimento de uso comercial que possui fachada-cortina. Nesse capítulo, são estudados os relatórios de vistorias realizadas no empreendimento, com o intuito de compreender as manifestações patológicas encontradas e analisar as possíveis causas dessas manifestações. Durante o estudo, são apresentadas medidas corretivas e preventivas utilizadas no empreendimento. Por fim, com base nas conclusões obtidas no estudo de caso, são apresentados mecanismos de recuperação e manutenção em fachadas envidraçadas.

No sexto capítulo, são apresentadas as considerações finais, em que é discorrido se os objetivos da pesquisa foram atingidos e apresentadas sugestões para futuros estudos.

O sétimo capítulo possui as referências utilizadas na pesquisa.

## 2 COMPONENTES E MATÉRIAS PRIMAS DE FACHADAS

As fachadas têm um papel fundamental na definição de uma edificação, já que são a primeira barreira contra agentes externos da natureza, tais como chuvas, vento e temperatura. Seu principal objetivo é separar o ambiente interno dos agentes atmosféricos externos (OLIVEIRA, 2009). Há uma variedade de sistemas construtivos para vedar verticalmente um edifício; a fachada pele de vidro encontra-se no sistema de fachadas-cortina.

A norma brasileira ABNT NBR 10821 (2017), no item 2.1.4, estabelece que uma fachada é composta por esquadrias interligadas e estruturas com função de vedação, formando um sistema contínuo que se desenvolve verticalmente, abrangendo pelo menos dois pavimentos. A seguir, os principais materiais que compõem uma fachada envidraçada serão abordados.

### 2.1 O Vidro

O vidro é um material antigo cuja origem e fabricação ainda são objeto de debate, com registros de seu uso datando de 3500 a.C. A técnica de moldagem do vidro teve avanços significativos por volta de 20 a.C., quando artesãos sírios desenvolveram o tubo de sopro. O vidro foi inicialmente usado em construções durante a Roma antiga, com painéis espessos de vidro esverdeado (AKERMAN, 2000).

Na Idade Média, bizantinos e venezianos contribuíram para tornar o vidro mais versátil, especialmente na fabricação de vitrais e espelhos. No século XVII, a produção de vidro cresceu consideravelmente, tornando-o mais acessível (RICHARDS, 2006).

A instalação inicial de vidro em edifícios era rudimentar, usando montantes de aço com amianto ou compostos de fibra de vidro. Posteriormente, montantes de alumínio e selantes de silicone substituíram esses métodos. No século XX, o processo de produção de vidro tornou-se mecanizado, permitindo uma variedade de características, incluindo transparência, reflexão e opacidade.

Por volta de 1950, o vidro *float*, produzido flutuando a massa de vidro sobre um banho de estanho, foi desenvolvido na Inglaterra e ainda é usado hoje (ABRAVIDRO, 2019).

O uso do vidro em fachadas arquitetônicas tornou-se uma parte fundamental da construção civil, com cerca de 70% da produção de vidros no Brasil destinada a edifícios novos e renovações de fachadas. O vidro desempenha um papel importante na estética e funcionalidade das construções modernas (WESTPHAL, 2020).

O vidro pode ser definido como “[...] um sólido, não cristalino, que apresenta o fenômeno de transição vítrea” (AKERMAN, 2000, p. 7). Sua constituição é basicamente de areia — sílica, fundida em altas temperaturas com uma substância alcalina – soda – e carbonato de cálcio (MARIACHER, 1992). A tabela 1 relaciona os componentes químicos básicos contidos em um vidro comum.

Tabela 1 – Composição do vidro.

| Componente                                         | % na Crosta Terrestre | % em Vidros Comuns |
|----------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| SiO <sub>2</sub> (Sílica ou Dióxido de Silício)    | 60,00                 | 74,00              |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Óxido de Alumínio) | 15,00                 | 2,00               |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Óxido de Ferro)    | 7,00                  | 0,10               |
| CaO (Óxido de Cálcio)                              | 5,00                  | 9,00               |
| MgO (Óxido de Magnésio)                            | 3,00                  | 2,00               |
| Na <sub>2</sub> O (Óxido de Sódio)                 | 4,00                  | 12,00              |
| K <sub>2</sub> O (Óxido de Potássio)               | 3,00                  | 1,00               |

Fonte: Araújo, 2018, p.155.

Como material construtivo, o vidro exige alguns cuidados na sua especificação, devendo ser observados aspectos relacionados à segurança e conforto ambiental, dentre eles: estética, resistência mecânica, segurança, isolamento acústico, isolamento térmico e ganho de calor solar; transmissão de luz e reflexão (WESTPHAL, 2022).

### 2.1.1 Propriedades gerais

As propriedades dos materiais são ditadas por suas características estruturais e atômicas, que está condicionada diretamente por sua composição química e, em menor escala, por sua composição térmica (AKERMAN, 2000). O vidro é um material que, com a evolução da tecnologia, foi adquirindo propriedades que o tornam

interessante em diversas áreas. Dentre as principais propriedades, é possível destacar:

Dureza, o que quer dizer que o vidro é um material duro e resistente a arranhões, embora possa ser quebradiço e frágil.

Transparência, o que quer dizer que o vidro é um material transparente, permitindo a passagem da luz através dele. No entanto, alguns tipos de vidro podem ser translúcidos ou opacos.

Resistência à corrosão, o que significa que o vidro é altamente resistente à corrosão, tornando-o um material adequado para uso em ambientes agressivos.

Baixa condutividade térmica, o que quer dizer que o vidro é um isolante térmico eficaz, isto é, não transfere calor facilmente.

Baixa permeabilidade, o que significa que o vidro é um material impermeável a gases e líquidos, tornando-o adequado para uso em recipientes de armazenamento;

Fragilidade, o que quer dizer que o vidro pode ser quebradiço e frágil, especialmente quando exposto a choques térmicos ou mecânicos.

Inércia química, o que significa que o vidro é quimicamente inerte, tornando-o adequado para uso em contato com substâncias químicas.

Estabilidade dimensional, o que quer dizer que o vidro não sofre deformação ou alteração de tamanho quando exposto a variações de temperatura ou umidade.

Variedade de cores, o que significa que o vidro pode ser produzido em uma ampla variedade de cores e tonalidades.

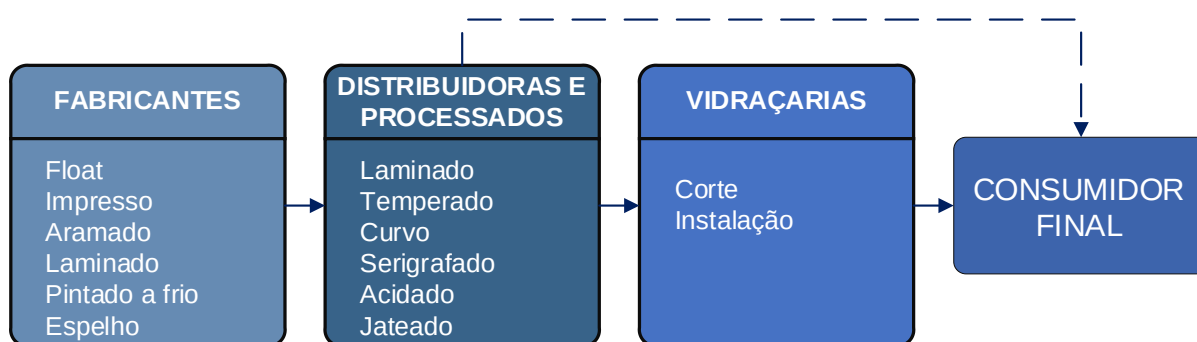
### 2.1.2 Cadeia de produção

O processo produtivo do vidro tem início na extração dos minerais utilizados como matérias-primas nas usinas de base. A partir dessa etapa, as fábricas iniciam a fabricação das chapas de vidro plano, seguindo padrões de tamanho e oferecendo quatro cores: incolor, verde, bronze e cinza. Em espessuras que normalmente variam de 2 mm a 19 mm. Em alguns casos, é possível encontrar chapas com espessura de até 25 mm, sendo utilizadas principalmente na indústria de decoração (WESTPHAL, 2022).

No Brasil, os principais vidros fabricados são o vidro *float*, o vidro impresso, aramado, laminado, pintado a frio e o espelho. Posteriormente, os vidros são repassados a distribuidoras e processadoras, que podem beneficiar o material com o

objetivo de se obter novas ramificações para as mais variadas formas de aplicação. Algumas distribuidoras fornecem o vidro diretamente ao consumidor final, contudo, ainda existe a participação das vidraçarias, que podem realizar serviços envolvendo corte e instalação final. O fluxograma 1 apresenta, de modo resumido, a cadeia produtiva do material no país.

Fluxograma 1 – Cadeia produtiva do vidro plano no Brasil.



Fonte: Westphal, 2022, p.12.

A tabela 2 resume as principais tipologias de vidro decorrentes do beneficiamento disponível no mercado atualmente.

Tabela 2 – Tipos de vidros fabricados e processados.

| Produzidos nas Fábricas                                                                                                             | Processados nas distribuidoras                      |                                            | Vidros especiais                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                     | Tratamento superficial                              | Beneficiamento                             |                                                                                                                            |
| Aramado<br>Controle Solar<br>Espelho<br><i>Extra clear</i><br><i>Float</i> colorido<br><i>Float</i> incolor<br>Impresso<br>Laminado | Acidado<br>Jateado<br>Pintado a frio<br>Serigrafado | Curvo<br>Insulado<br>Laminado<br>Temperado | Antibactéria<br>Antirrisco<br>Autolimpante<br>Blindado<br>Fotovoltaico<br>Corta-fogo<br>Para-chamas<br>Redutor de Radiação |

Fonte: Westphal, 2020, p.17.

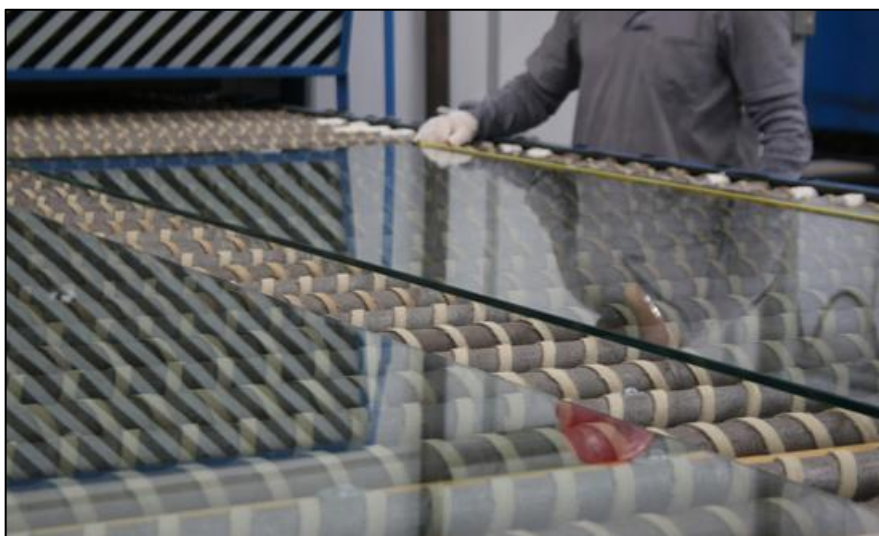
Segundo Westphal (2020), o mais importante é ter conhecimento sobre os diferentes tipos e aplicações possíveis, uma vez que o profissional pode sempre consultar o distribuidor de vidro a fim de verificar a melhor solução para suas

necessidades, ressaltando que é imprescindível consultar também a norma ABNT NBR 7199: 2016 – Vidros na construção civil — Projeto, Execução e Aplicações – para decidir pelo tipo de beneficiamento mais adequado de forma a garantir a aplicação mais segura do vidro plano em edificações.

### 2.1.3 Vidro *float*

Conhecido também como vidro recozido, o vidro *float* é um vidro comum que ainda não passou por nenhum tipo de beneficiamento. A norma ABNT NBR NM 294: 2004 – Vidro *float* – o define como “[...] vidro de silicato sodocálcico, plano, transparente, incolor ou colorido em sua massa, de faces paralelas e planas, que se obtém por fundição contínua e solidificação no interior de um banho de metal fundido”. Esse tipo de vidro pode ser fabricado em tamanhos personalizados, possuindo espessuras que vão de 2 a 25 mm, é a base para a criação de todos os demais vidros que serão apresentados, como ilustrado na figura 2.

Figura 2 – Vidro *float* comum.



Fonte: ABRAVIDRO: site, 2020.

A composição química do vidro *float* é estabelecida pela NBR NM 294: 2004, norma que tem por objetivo estabelecer as dimensões e requisitos de qualidade do vidro plano *float*, incolor e colorido destinados ao mercado da arquitetura e decoração. A norma também estabelece a sua composição química e suas principais

características físicas e mecânicas. A tabela 3 apresenta a composição química do vidro *float*.

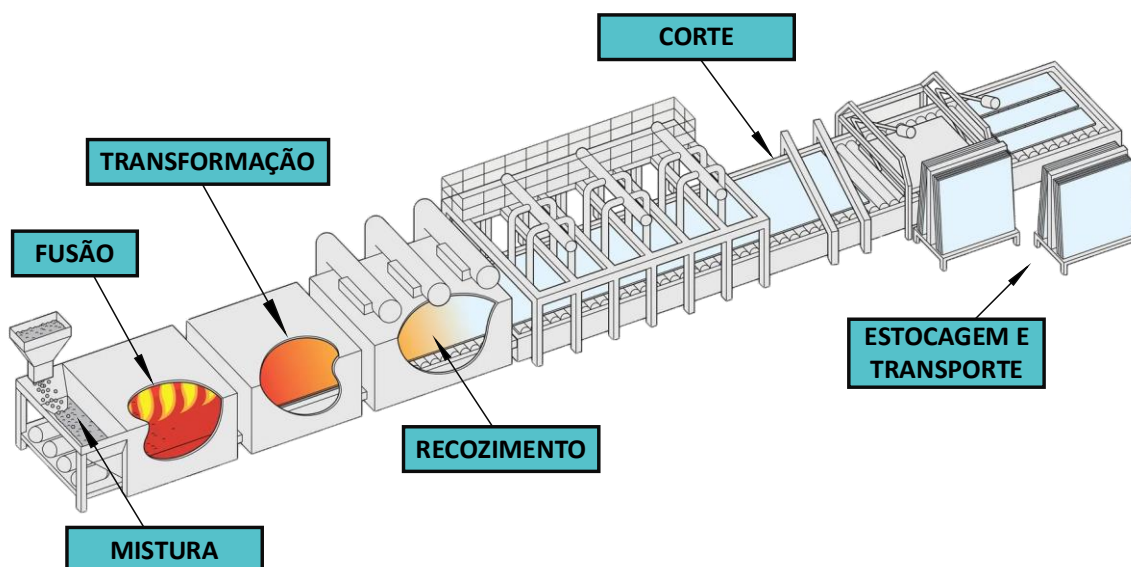
Tabela 3 – Composição química do vidro *float*.

| Componente                                         | Proporção |
|----------------------------------------------------|-----------|
| SiO <sub>2</sub> (Sílica ou Dióxido de Silício)    | 68% a 74% |
| CaO (Óxido de Cálcio)                              | 5% a 12%  |
| Na <sub>2</sub> O (Óxido de Sódio)                 | 12% a 16% |
| MgO (Óxido de Magnésio)                            | 0% a 6%   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Óxido de Alumínio) | 0% a 3%   |

Fonte: Adaptado de ABNT NBR NM 294: 2004.

A Figura 3 demonstra o processo de fabricação do vidro *float* em seis etapas, divididas da seguinte forma:

Figura 3 – Cadeia de produção do vidro *float*.



Fonte: Adaptado de Westphal, 2020, p. 15.

Westphal (2020) separa a cadeia de produção da seguinte forma:

Na etapa de mistura, as matérias primas são dosadas, misturadas e enviadas ao forno de fusão.

Na etapa de fusão, o material é fundido de forma controlada a uma temperatura média de 1600 °C.

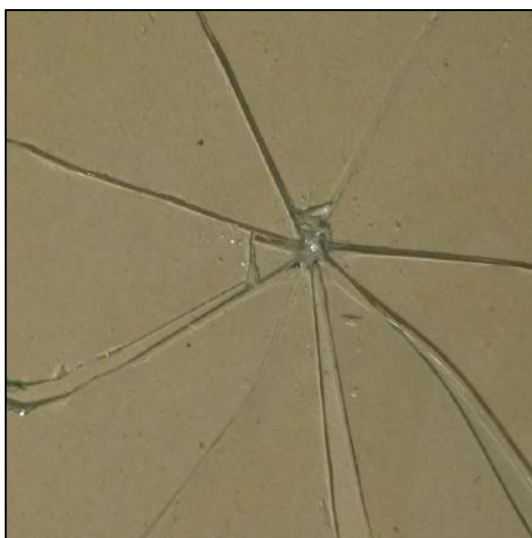
Na etapa de transformação, a massa de vidro obtida da etapa anterior flutua sobre uma piscina de estanho a uma temperatura média de 650 °C, formando uma lâmina de vidro, uma vez que o vidro e o estanho não se misturam.

Na etapa de recozimento, a lâmina de vidro *float* é recozida em um forno que vai reduzindo de temperatura para conduzir o seu resfriamento de forma controlada.

Por fim, na etapa de corte, a lâmina de vidro contínua produzida dos processos anteriores é inspecionada como controle de qualidade e cortada em chapas que serão empilhadas e posteriormente conduzidas aos processadores.

Ao se quebrar, o vidro *float* pode se fragmentar em lascas de tamanho variado, o que pode causar acidentes. A Figura 4 exemplifica o padrão característico de fragmentação de um vidro *float*.

Figura 4 – Padrão de fragmentação de um vidro *float*.



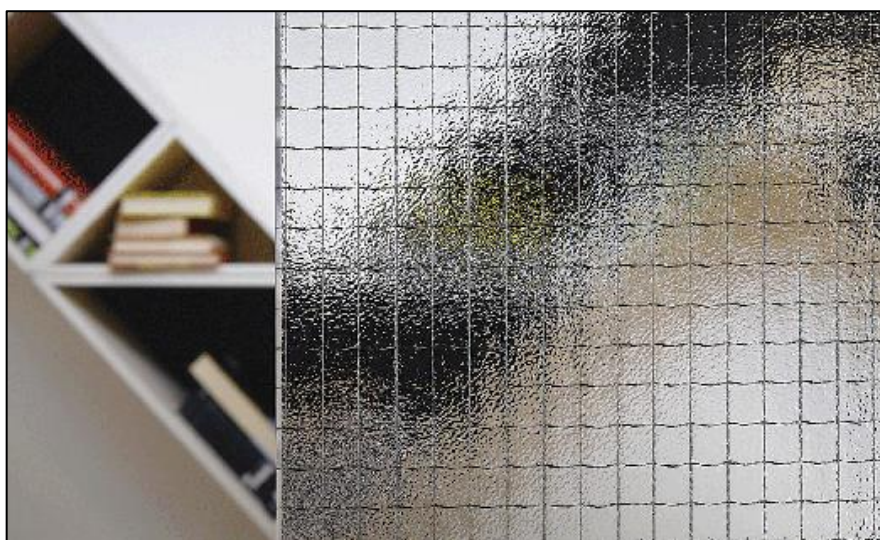
Fonte: Westphal, 2020, p. 38.

Levando em consideração a fragilidade de uma peça de vidro *float* comum, foram desenvolvidos os chamados vidros de segurança. Westphal (2020, p.37) define um vidro de segurança como “[...] aquele aprovado por testes de impacto e que não deve quebrar ou deve quebrar com segurança”. Atualmente, existem três principais tipos de vidro de segurança no mercado: laminado, temperado e aramado.

#### 2.1.4 Vidro aramado

É um vidro voltado à segurança, possuindo propriedades pára-chamas (ARAUJO, 2018). Possui uma tela metálica quadriculada incorporada à sua massa vítrea ainda derretida, o que proporciona maior resistência à chapa de vidro. Caso seja quebrado, os fragmentos permanecem presos à malha metálica, evitando o estilhaçamento. A Figura 5 exemplifica uma tela de vidro aramado, onde é possível observar sua malha interna.

Figura 5 – Vidro aramado.



Fonte: ABRAVIDRO: site, 2019.

A norma ABNT NBR NM 295: 2004 — Vidro Aramado trata dos requisitos mínimos e grau de qualidade do material, classificando-o em dois tipos:

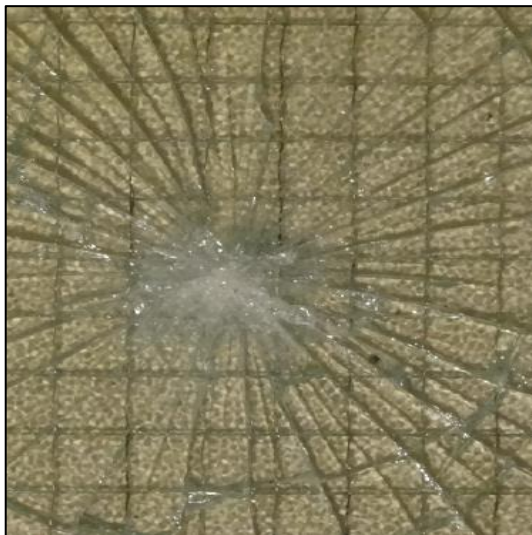
Aramado translúcido: vidro plano, translúcido e incolor ou colorido, obtido por fundição e laminação contínuas, que incorpora durante seu processo de fabricação uma malha de arame de aço soldada em todas as suas intersecções. Apresenta sobre uma ou ambas as faces um desenho impresso (ABNT NBR NM 295, 2004, p. 1).

Aramado transparente: vidro plano, transparente, incolor, obtido por fundição e laminação contínuas onde se incorpora durante o processo de fabricação uma malha de arame de aço, soldada em todas as suas intersecções. As faces são paralelas entre si e polidas mecanicamente (ABNT NBR NM 295, 2004, p. 2).

A norma também especifica padrões mínimos de qualidade, como limites de defeito de impressão e deformação da malha, além de apresentar os limites de

tolerância de espessura nominal no item 6, sendo entre 6 e 9 mm de espessura. A Figura 6 exemplifica o padrão de fragmentação de um vidro aramado.

Figura 6 – Padrão de fragmentação de um vidro aramado.



Fonte: Westphal, 2020, p. 38.

#### 2.1.5 Vidro temperado

O vidro temperado tem como característica ser até cinco vezes mais resistente que o vidro *float* comum, podendo ser considerado um vidro de segurança e possuindo as mesmas espessuras nominais que o vidro *float* comum — indo de 3 mm a 25 mm (ARAUJO, 2018), desde que atenda aos requisitos mínimos de segurança contidos na ABNT NBR 14698: 2001 – Vidro temperado. Esse tipo de vidro possui uma resistência elevada graças ao seu processo de têmpera, que consistem em aquecer o vidro a mais de 600 °C e depois resfriá-lo rapidamente. O processo acaba garantindo um estado de compressão superior nas faces do vidro, e um estado de tração em seu núcleo. Depois de temperado, o vidro não pode ser cortado, furado ou usinado, devendo ser beneficiado antes do processo de têmpera. A ABNT NBR 7199: 2016 – Vidros na construção civil — Projeto, Execução e Aplicações – define as dimensões mínimas que uma peça de vidro deve possuir para ser temperado.

O vidro temperado possui uma vantagem em relação aos demais vidros de segurança, pois pode ser utilizado sem a aplicação de esquadrias, sendo comum seu uso em vitrines, boxes de banheiros e em portas. Também é muito utilizado no

fechamento de lobbies, halls e em ambientes com pé direito elevado, como exemplificado na Figura 7.

Figura 7 – Fechamento executado em vidro temperado autoportante.

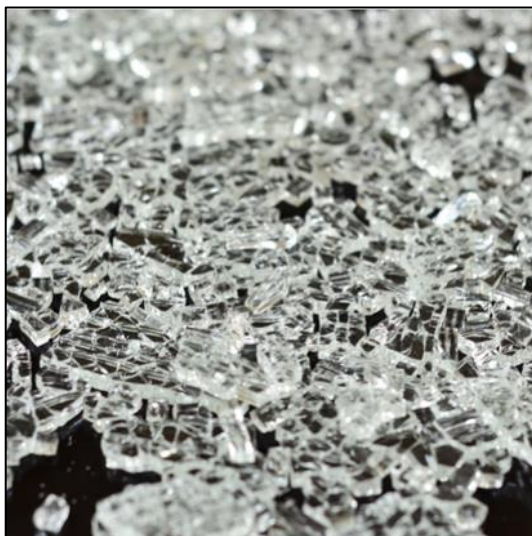


Fonte: Westphal, 2022, p. 26.

A fim de conferir um bom desempenho térmico, esse vidro pode ser fabricado a partir de um vidro de controle solar. Pode ainda ser curvado, laminado, serigrafado e insulado. Outra característica que distingue esse tipo de vidro dos demais é a sua forma de fragmentação quando quebrado, gerando pequenos fragmentos, que são menos propensos a causar acidentes fatais.

Esse tipo de vidro exige cuidados adicionais no seu transporte e manuseio, devendo ser evitado o choque da peça com outros obstáculos, o que pode afetar as tensões internas do vidro ocasionando sua ruptura, mesmo depois de muito tempo que a peça tenha sido instalada. Esse fenômeno é denominado como *quebra espontânea* e, segundo Westphal (2022), ocorre principalmente por choques da peça em seus cantos durante o transporte dela. A Figura 8 exemplifica o padrão de fragmentos de um vidro temperado estilhaçado.

Figura 8 – Padrão de fragmentação de um vidro temperado.



Fonte: The Starke: site, 2022.

#### 2.1.6 Vidro insulado

Vidro que possui duas ou mais chapas de vidro em sua composição, unidas hermeticamente nas bordas, com um espaçador metálico entre elas, fazendo com que haja uma câmara de vácuo entre as peças. Essa tipologia de vidro é a mais eficiente em termos de isolamento acústico e redução de transferência de calor. (ARAÚJO, 2008).

A ABNT NBR 16015: 2012 – Vidro Insulado — Características, requisitos e métodos de ensaio – norteia as características, requisitos e métodos de ensaio para o vidro plano insulado utilizado na construção civil. A câmara de ar e os espaçadores metálicos são preenchidos por material dessecante, garantindo que não exista acúmulo de umidade nas faces interiores da peça. Essa câmara pode ser preenchida por gases nobres como xenônio, argônio e criptônio, gases que possuem baixa condutividade térmica, melhorando o desempenho térmico.

No Brasil, essa solução com gases não se faz necessária, uma vez que o país não possui temperaturas extremas que demandem elevados níveis de isolamento térmico (WESTPHAL, 2020). A Figura 9 exemplifica um vidro insulado.

Figura 9 – Vidro insulado.

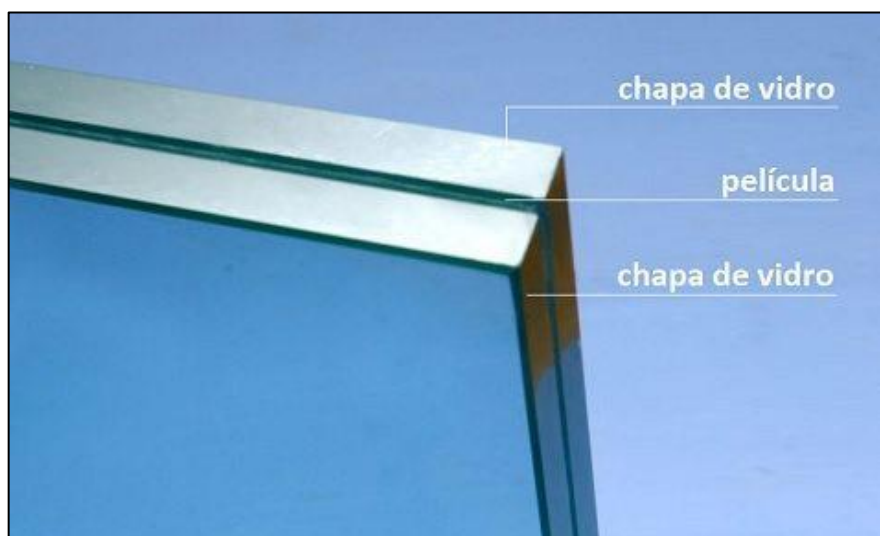


Fonte: ABRAVIDRO: site, 2017.

#### 2.1.7 Vidro laminado

O vidro laminado é tem como característica sua composição que leva duas ou mais placas de vidro, unidas por uma camada intermediária de polivinil butiral — PVB, etileno vinil acetato — EVA — ou resina. O processo é conduzido por uma autoclave, com alta pressão e temperatura. Depois de fabricado, o vidro laminado ainda pode ser cortado. Na construção civil, o processo de laminação com PVB é o tipo de camada intermediária mais utilizada. Para Westphal (2022), isso ocorre por ser um plástico de alta resistência, sendo normalmente utilizado entre duas camadas de vidro *float*. Já Araújo (2018), considera o processo de laminação com EVA uma alternativa interessante por conta do custo menor se comparado com o PVB. A Figura 10 ilustra as camadas de um vidro laminado.

Figura 10 – Vidro laminado.



Fonte: Arch Glass: site, 2019.

A camada de PVB acaba agindo como um bom isolante acústico, sendo particularmente eficaz ao barrar transmissões sonoras em altas frequências, além de barrar a emissão de radiação ultravioleta em até 99% (WESTPHAL, 2020).

Além do vidro *float*, esse tipo de vidro pode ser fabricado com vidro temperado, impresso, estirado e aramado. Tanto as camadas externas de vidro quanto a camada intermediária podem ainda apresentar variedades de cores.

Como resultado, ao ser quebrado, esse vidro mantém os fragmentos unidos por conta dessa camada de plástico, reduzindo riscos de acidentes. Atendendo aos requisitos da ABNT NBR 14697: 2023 – Vidro laminado, pode ser considerado um vidro de segurança. Essa norma define os termos para os ensaios de resistência ao impacto, garantindo a segurança e durabilidade para aplicação na construção civil e na indústria automobilística. A norma define também a espessura nominal para esse tipo de vidro, seguindo as espessuras do vidro *float* padrão - de 3 mm a 25 mm. A Figura 11 ilustra o comportamento de um vidro laminado quebrado.

Figura 11 – Padrão de fragmentação de um vidro laminado quebrado.



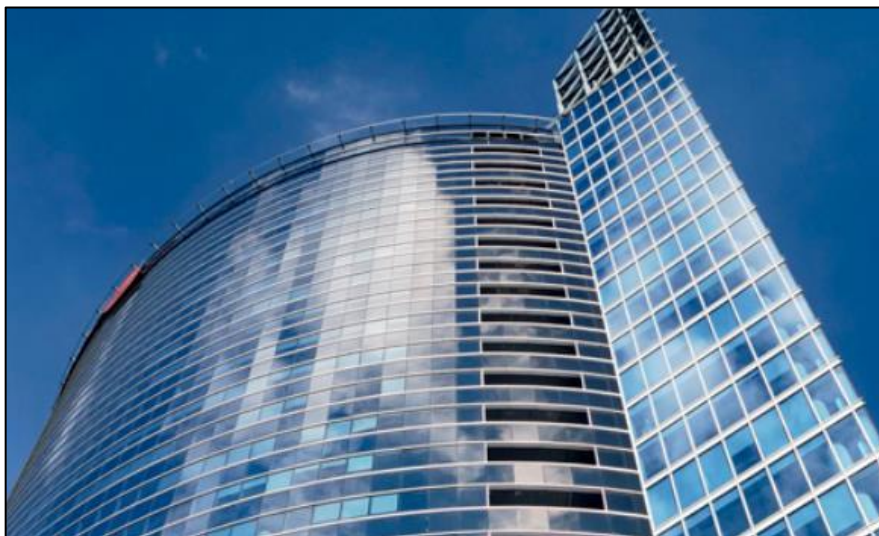
Fonte: PKO do Brasil: site, 2021.

Westphal (2022) afirma que esse tipo de vidro é utilizado, de forma geral, em aplicações em que a fragmentação deve ser evitada, como em portas, janelas, pisos, escadas, coberturas, peitoris, guarda-corpos e alguns tipos de fachadas. A ABNT NBR 7199: 2016 exige o uso de vidro laminado em guarda-corpos de vidro, estabelecendo as aplicações em que o uso do vidro de segurança é requerido.

#### 2.1.8 Vidro de controle solar ou espelhado

Possuem um tratamento superficial decorrente da deposição de camadas de revestimento metalizados em uma de suas superfícies, imperceptível a olho nu, que lhe conferem um aspecto mais refletivo ao mesmo tempo que possuem um aspecto mais escurecido (ARAUJO, 2018). A Figura 12 exemplifica um vidro de controle solar.

Figura 12 – Vidro de controle solar.



Fonte: ABRAVIDRO, site, 2018.

O revestimento metálico possui a função de minimizar o ganho de calor através do vidro, filtrando parte da radiação que incide sob a superfície dele, permitindo assim controlar a luz e o calor transmitido para dentro do ambiente. O revestimento, chamado de *coating*, é aplicado ainda durante o processo de fabricação, podendo ser aplicado com o vidro ainda com uma temperatura elevada — *on-line* ou *hard-coating* —, ou após o vidro estar pronto — processo *off-line* ou *soft-coating*. A depender do uso, esse tipo de vidro deve ser laminado ou insulado — vidros beneficiados, apresentados mais adiante —, para conferir-lhe propriedades específicas no interior da composição (WESTPHAL, 2022).

O principal uso desse tipo de vidro ocorre em janelas e fachadas de edificações envidraçadas, de forma a permitir uma área maior de abertura em detrimento de um menor ganho de calor em comparação ao vidro *float* em sua forma padrão.

#### 2.1.9 Demais vidros

As tabelas 4, 5, 6 e 7 relacionam as demais tipologias de vidros utilizadas no mercado, bem como as suas principais características.

Tabela 4 – Vidro beneficiado.

| Tipo  | Característica                                                                                                                                                                                                  |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Curvo | Com o auxílio de um molde, pode ser curvado ao ser submetido a temperaturas que chegam a 650 °C. Após curvado, o vidro pode ser temperado, laminado ou insulado, o que amplia exponencialmente suas aplicações. |

Fonte: Elaboração própria a partir de Westphal (2022), Araújo (2018) e Mariacher (1992).

Tabela 5 – Vidros obtidos diretamente nas fabricas.

| Tipo                  | Característica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Float</i> Colorido | Vidros transparentes, mas com uma leve coloração em sua massa. Utilizando o mesmo processo de fabricação <i>float</i> , a massa do vidro comum recebe uma quantidade de metais específicos que irão conferir um tom de cor, podendo ser verde, bronze ou cinza. Alguns fabricantes criam tonalidades diferentes dentro desses três grupos de cor. |
| <i>Extra Clear</i>    | Vidro fabricado com baixo teor de óxido de ferro, conferindo ao vidro alto grau de transparência e claridade. Por não possuir tom esverdeado, apresenta alto grau de transmissão de luz. Utilizado em vitrines e painéis fotovoltaicos. Pode receber os mesmos tratamentos do vidro <i>float</i> incolor.                                         |
| Impresso              | Vidro plano, translúcido, incolor ou colorido em sua massa, obtido por fundição e laminação contínuas, e que apresenta sobre uma das faces, um desenho impresso. O desenho é obtido a partir da compressão do vidro entre dois rolos metálicos.                                                                                                   |
| Espelho               | Vidro <i>float</i> com adição de metal (prata, alumínio ou cromo) sob sua superfície.                                                                                                                                                                                                                                                             |

Fonte: Elaboração própria a partir de Westphal (2022), Araújo (2018) e Mariacher (1992).

Tabela 6 – Vidros com tratamento superficial.

| Tipo           | Característica                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Acidado        | Vidro levemente opaco obtido por meio de processo industrial de contato com ácidos, fazendo com que a superfície não fique com aspecto rugoso.                                                                                                                                                      |
| Jateado        | Utilizado em fechamentos translúcidos. Obtido através de misturas de partículas abrasivas, possuindo certo grau de rugosidade.                                                                                                                                                                      |
| Pintado a frio | Recebe a pintura por meio de compressor e pistola, não suporta altas temperaturas, por isso não pode ser temperado. Muito utilizado na indústria da decoração. Caso seja temperado, a têmpera deve ser realizada antes do processo de pintura.                                                      |
| Serigrafado    | Também conhecido como pintado a quente, recebe pintura com tinta cerâmica e é submetido ao processo de têmpera. Desta forma, a tinta é fundida ao vidro, conferindo durabilidade e resistência. Muito utilizado em fachadas a fim de controlar a entrada de luz, ou prover privacidade ao ambiente. |

Fonte: Elaboração própria a partir de Westphal (2022), Araújo (2018) e Mariacher (1992).

Tabela 7 – Vidros especiais.

| Tipo           | Característica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Blindado       | Vidro multilaminado que protege ambientes e veículos contra projéteis de armas de fogo. Cada fabricante pode adotar uma composição específica. O mais comum é a fabricação por meio de laminação de vidros a uma alta temperatura e pressão, intercalando lâminas de vidro com placas de PVB, resina, poliuretano ou policarbonato, conferindo à peça maior resistência. |
| Antibacteriano | Vidro comum com difusão de íons de prata em suas camadas exteriores, fazendo com que as bactérias se destruam em até 24h, em média. Muito utilizado em ambientes hospitalares.                                                                                                                                                                                           |
| Antirrisco     | Obtido a partir da fusão de átomos de carbono em sua superfície, provendo-lhe maior resistência a riscos e arranhões em relação ao vidro <i>float</i> padrão por possuir um coeficiente de atrito mais baixo.                                                                                                                                                            |
| Autolimpante   | Vidro <i>float</i> com aplicação de dióxido de titânio, que quebra moléculas orgânicas e poeiras inorgânicas ao contato.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Fotovoltaico   | Possui pequenas lâminas fotovoltaicas de silício, material semicondutor, instaladas na superfície de um vidro simples. Esses vidros passam a absorver radiação solar, convertendo-as em eletricidades. Possuem pequenos condutores que interligam os painéis um ao outro e os levam a um inversor de frequência. Pode variar de cor e grau de transparência.             |

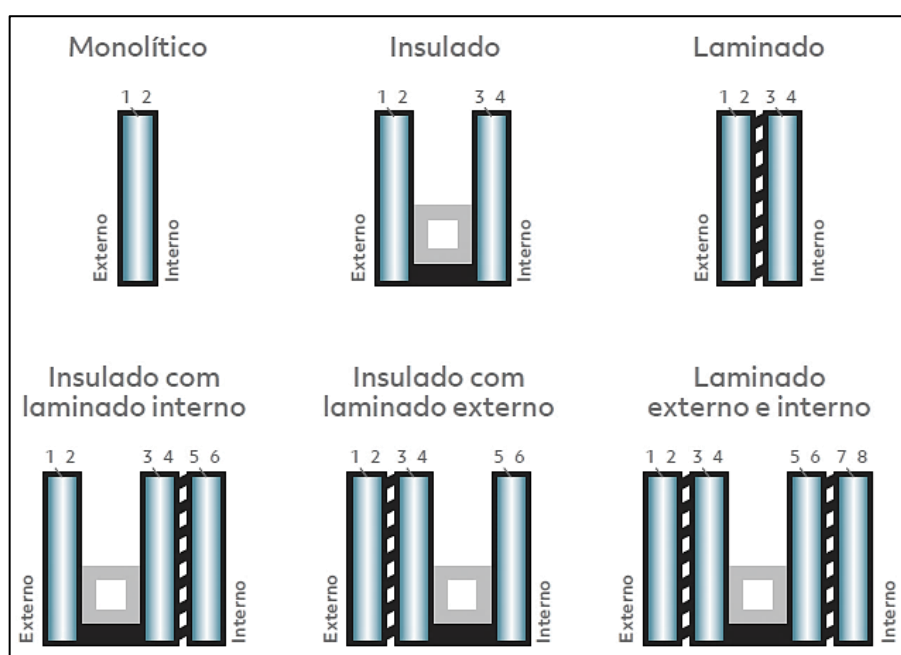
Fonte: Elaboração própria a partir de Westphal (2022), Araújo (2018) e Mariacher (1992).

#### 2.1.10 Nomenclatura das faces e tratamento de bordas

Convencionou-se internacionalmente a definir e nomear as faces do vidro plano de forma padrão, para que seja possível identificar as informações acerca de posicionamento de superfícies de revestimento metálico, serigrafia e laminação da mesma forma em todas as etapas de fabricação e distribuição do vidro.

Como exemplificado na Figura 13, as faces são numeradas em ordem crescente, da face externa para a face interna. Também foi convencionado que, sempre que o vidro for representado na horizontal, sua face externa à esquerda, e quando for representado na vertical, sua face externa estará para baixo. Na Figura 13, também é possível observar as diferentes configurações dos vidros citados anteriormente, combinando diferentes formas do beneficiamento desses vidros com o objetivo de se obter a melhor solução para cada aplicação.

Figura 13 – Nomenclatura das faces de composições de vidro plano.

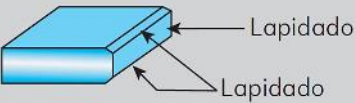
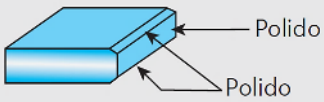
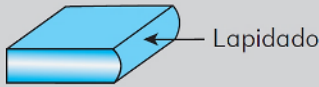
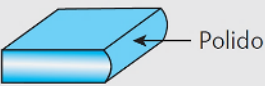
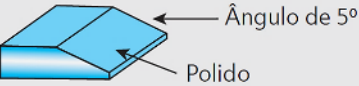
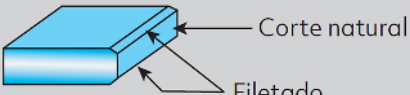


Fonte: Westphal, 2020, p. 34.

Outro aspecto importante do vidro é a sua borda. Wesphal (2020) diz ser de extrema importância o bom acabamento das bordas a fim de se evitar possíveis pontos frágeis que possam levar à quebra. Dependendo do tipo de beneficiamento, diversos tipos de tratamento podem ser aplicados às bordas da peça. A NBR 15198: 2005 – Espelhos de prata — Beneficiamento e instalação – define os diferentes tipos de acabamentos de borda aceitáveis, assim como os procedimentos de inspeção após o beneficiamento.

A tabela 8 resume as principais formas de acabamentos das bordas, assim como suas aplicações.

Tabela 8 – Acabamentos de bordas para o vidro plano.

| Acabamentos de borda                                                                | Descrição        | Aplicação                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------|
|    | Lapidado reto    | Silicone estrutural com bordas expostas         |
|    | Polido reto      | Silicone estrutural com acabamento diferenciado |
|    | Meia-cana        | Espelhos, vidros decorativos de móveis          |
|    | Meia-cana polida | Espelhos, vidros decorativos de móveis          |
|   | Bizotê lapidado  | Silicone estrutural                             |
|  | Bizotê polido    | Espelhos, vidros decorativos de móveis          |
|  | Flitetado        | Vidros para caixilhos com tratamento térmico    |

Fonte: Westphal, 2020, p.35.

Dos citados acima, os principais acabamentos utilizados em fachadas com vidro costumam ser o Polido e o Filetado (ARAUJO, 2018).

## 2.2 Caixilharia

Da mesma forma que houve uma evolução na escolha e determinação dos tipos de vidro, para execução de fachadas em pele de vidro, os tipos de estruturas para a instalação e posicionamento de vidros também sofreram diversas alterações com o tempo. As exigências e solicitações para o atendimento de normas dentro dos padrões da construção civil, bem como os estudos quanto a durabilidade e segurança das estruturas, ficaram cada vez mais notáveis e rigorosos; isso fez com que os

projetos que antes utilizavam montantes de aço com amianto ou compostos de fibra de vidro, passassem a ser realizados considerando a utilização de montantes de alumínio.

Atualmente, as fachadas em pele de vidro representam entre 10% e 15% do consumo total de alumínio na construção civil no Brasil (ARRUDA, 2010).

### 2.2.1 Alumínio

O alumínio é obtido a partir da bauxita, um minério cujo processo de extração provoca profundo impacto do solo. Esse minério é visualmente parecido com um barro avermelhado, para extração do alumínio é feito um processo de refino da bauxita, conhecido como uma moagem que resulta em um pó branco, designado como alumina. Após essa etapa, a eletrólise finaliza o processo para obtenção do alumínio.

Ele possui características únicas e favoráveis ao uso na construção civil, é um metal leve, macio, mas que possui alta resistência a corrosão. Ele possui um revestimento fino de um óxido, que não é reativo e protege o alumínio.

O alumínio pode ser classificado por séries, de acordo com os itens adicionados em sua composição. Cada série denomina uma liga específica de alumínio, com adição de componentes químicos específicos. Segundo a IADS — *International Alloy Designation System*, as ligas são classificadas por séries, e cada série tem um número que identifica a respectiva liga correspondente. Cada liga é reconhecida por um número de quatro dígitos, onde o primeiro dígito indica os principais elementos de liga, e o segundo, caso seja diferente de 0, indica uma variação da liga, enquanto o terceiro e quarto dígitos servem para identificar uma liga específica naquela série. Dentre as principais ligas temos: liga de alumínio puro (1000), liga com cobre (2000), liga com manganês (3000), liga com silício (4000), liga com magnésio (5000), liga com magnésio e silício (6000), liga com zinco (7000), liga com outros materiais (8000). A título de exemplo, em liga de 6063, o número 6 indica que a liga está na série de magnésio, o número 0 diz que não há modificação da liga, e o número 63 indica a tabela de composição química da qual faz parte.

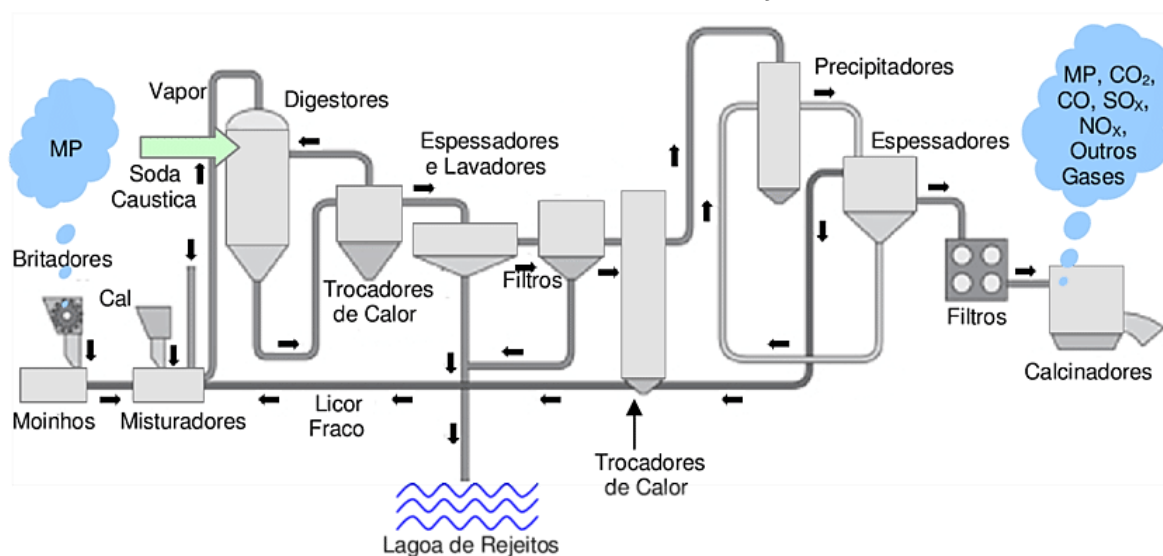
As ligas que estão classificadas dentro da série de liga de magnésio e silício são as mais adequadas, e conseqüentemente as mais usadas para execução de perfis para fachadas. Dentre as principais características para essa determinação,

está a alta resistência a corrosão, a boa conformabilidade, sua resistência mecânica está classificada sempre de média para alta, nas mais variadas composições.

### 2.2.2 Cadeia de produção

A alumina que obtida através da bauxita, o pó da alumina sofre em sequência o processo de moagem e dissolução em soda cáustica, para que em seguida, através da filtração, haja a separação do sólido. O material filtrado é concentrado para a cristalização da alumina. Após a finalização desta etapa, os cristais são secados, precipitados e calcinados para eliminar a água. É possível observar resumidamente o processo na Figura 14.

Figura 14 – Processo utilizado para obtenção de alumina.

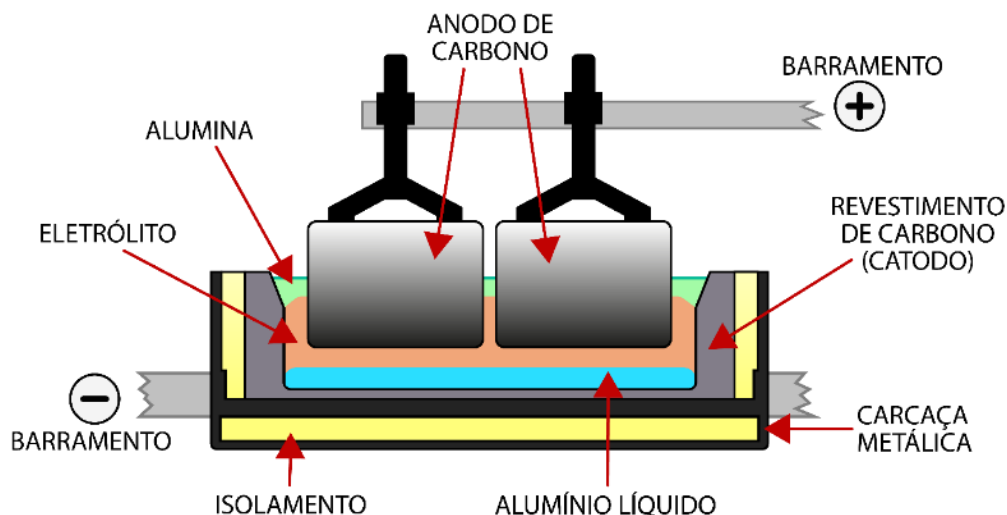


Fonte: Abal: site, 2014.

A obtenção do alumínio ocorre pela redução da alumina calcinada em cubas eletrolíticas, a altas temperaturas, no processo conhecido como *Hall-Hérault*. O volume necessário de alumina para produzir uma tonelada de metal primário pelo processo de Redução, é igual a duas toneladas. Essa alumina tratada, é então dissolvida em um banho de criolita fundida e fluoreto de alumínio em baixa tensão, decompondo-se em oxigênio. Este oxigênio, por sua vez, se combina com o ânodo de carbono, desprendendo-se na forma de dióxido de carbono, e em alumínio líquido, que se precipita no fundo da cuba eletrolítica. O metal líquido, é transferido para a refusão através de cadinhos. Desta forma, são produzidos então os materiais

metálicos de alumínio, de acordo com as formas solicitadas (ARAÚJO, 2018), como demonstrado na Figura 15.

Figura 15 – Processo de transformação de alumina calcinada em alumínio metálico.



Fonte: Própria, a partir de Abal: site, 2014.

### 2.2.3 Extrusão

A partir da obtenção do alumínio já tratado para utilização como perfil, além de diversas outras utilizações dentro e fora do mercado da construção civil, é necessário a moldagem da matéria para adequação dos projetos. A extrusão, que é realizada em alta temperatura, é o método utilizado para manipular o metal. A matéria sólida e tratada do alumínio, é submetida a alta temperatura, e é pressionada até um molde, pelo qual já sai ganhando o formato desejado. Após a passagem por esse processo, a peça moldada já pode ser cortada e adaptada de acordo com seu objetivo de uso.

As opções de design com produtos metálicos novos, são determinados, na maioria das vezes, pela escolha da tecnologia de fabricação. Os perfis extrudados resolvem em grande parte essa demanda, devido a facilidade com que as ligas de alumínio, podem ser extrudadas e oferecer soluções de resistência estrutural (ARAÚJO, 2018).

Reduzir disparidades, remover segregações, controlar características metalúrgicas, são objetivos claros do tratamento térmico realizado no processo de envelhecimento dos materiais de alumínio. Dentre os principais benefícios alcançados estão a redução da ductilidade, e o aumento no limite de resistência a tração do

material. Em resumo, existe uma relação de tempo e temperatura que combinadas adequadamente, produzem o efeito de envelhecimento desejado (ARAUJO, 2018).

#### 2.2.4 Anodização

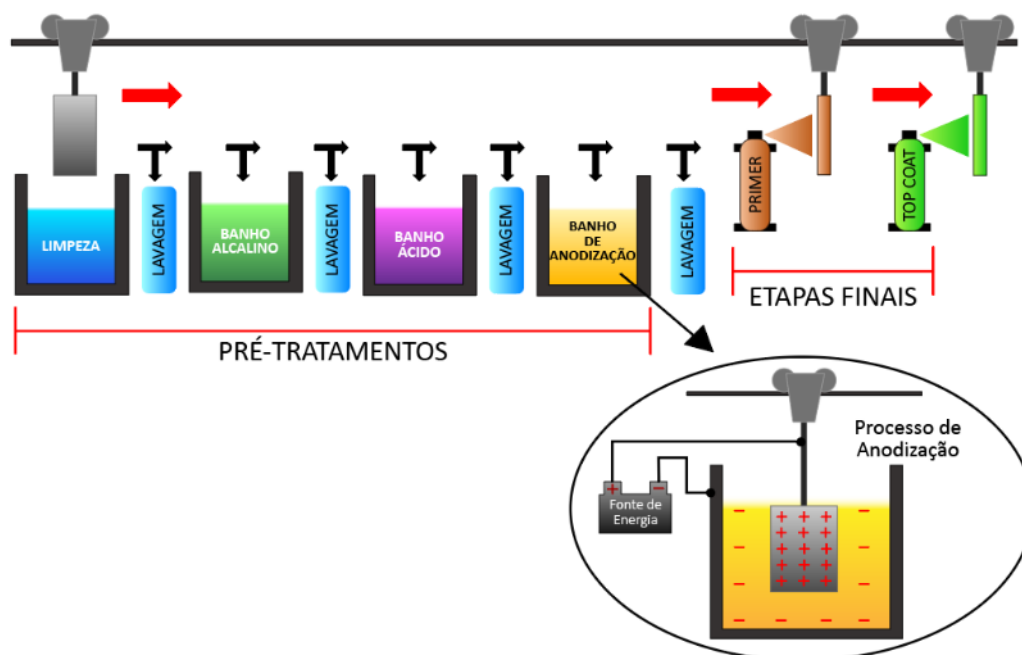
Pensando no uso do alumínio para estruturas aparentes, e utilizadas em uma grande maioria em fachadas sofisticadas de grandes empreendimentos, é natural que haja a preocupação quanto a camada de proteção desses materiais para que o risco de corrosão seja mínimo.

O processo de anodização, nada mais é do que a criação de uma fina camada fosca, que envolve o material com o intuito de protegê-lo de uma oxidação profunda e nociva ao material. O objetivo principal é conferir um acréscimo de dureza ao alumínio, aumentando em até 10%, sua dureza original.

A camada anódica é formada por milhares de células hexagonais, tendo cada uma um poro central que recebe o metal colorante no caso, o estanho. O procedimento de anodização é sempre o mesmo, o que muda é a forma de colorir o alumínio. (ARAÚJO, 2018, p.124).

O material em alumínio é submerso em uma solução eletrolítica, junto com outro material que será o cátodo. Este outro material, pode ser uma barra de carbono, níquel, chumbo, aço inoxidável, ou demais materiais condutores, os quais não reagirão com a submersão. Quando a corrente passa pela solução, que é ácida, o hidrogênio do cátodo é liberado e as formas de oxigênio da superfície do ânodo são liberadas. Segundo ARAUJO (2018), a reação desses elementos forma uma leve película na superfície do material que está sendo trabalhado. O esquema da Figura 16 apresenta o resumo do processo de anodização.

Figura 16 – Processo de anodização industrial.



Fonte: Própria, a partir de Química Nova: site, 2022.

As ligas do grupo 6000 são ligas que têm como características grandes quantidades de magnésio e silício em sua composição. São ligas que têm boa aceitação de anodização e uma usinabilidade muito boa em comparação com as ligas já estudadas. As aplicações mecânicas dessas ligas já passam a ser mais técnicas, sendo exigida uma resistência mecânica maior.

É importante ressaltar que, desde o pré-projeto da estrutura, deverá ser definido exatamente onde serão instalados os perfis, para assim especificar a classe de tratamento anódico. Determinando o nível de agressividade, de acordo com a tabela 9.

Tabela 9 – Classes de tratamento anódico.

| Agressividade | Ambiente     | Camada  | Classe |
|---------------|--------------|---------|--------|
| Média         | Rural/Urbano | 11 a 15 | A13    |
| Alta          | Marinho      | 16 a 20 | A18    |
| Altíssima     | Industrial   | 21 a 25 | A23    |

Fonte: Adaptado de Araújo, 2018.

Com intuito de classificar e estabelecer um padrão de desempenho, o processo de anodização é regulamentado com base nas seguintes normas que aprofundam o processo descrito anteriormente; são elas:

ABNT NBR 9243: 2009 – Tratamento de Superfície do Alumínio e suas ligas – Qualidade da Selagem;

ABNT NBR 12609: 2017 – Tratamento de Superfície do Alumínio e suas ligas – Anodização para fins arquitetônicos;

ABNT NBR 12610: 2010 – Tratamento de Superfície do Alumínio e suas ligas – Espessura da Camada Anódica e;

ABNT NBR 12612: 2008 – Tratamento de Superfície do Alumínio e suas ligas – Resistência da Camada Anódica.

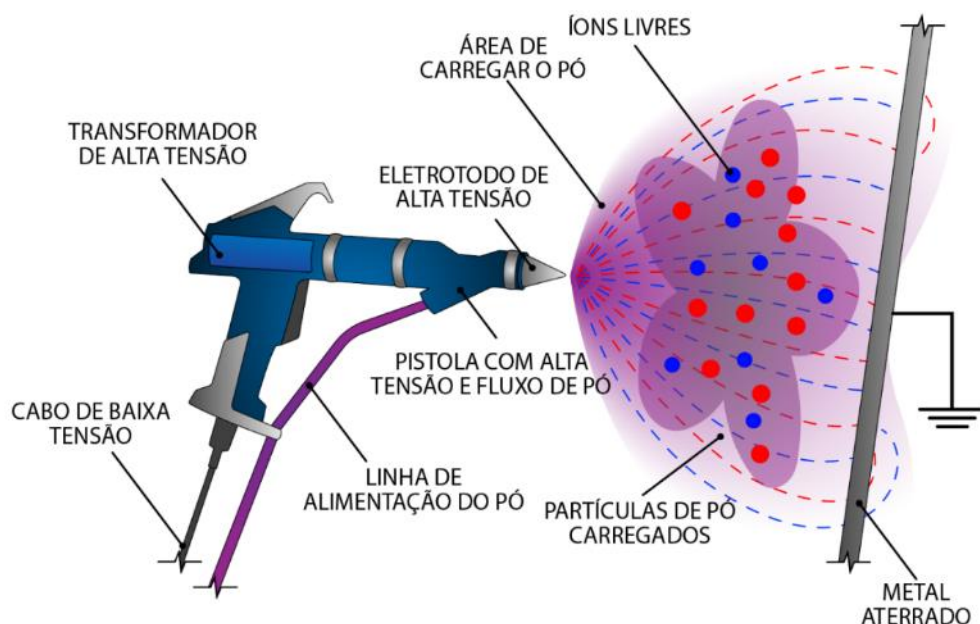
#### 2.2.5 Pintura eletrostática

Atualmente, no mercado, já existem soluções para pigmentar a película protetora criada no processo de anodização, para já obter um material moldado e com uma coloração específica. No entanto, como existem substâncias químicas limitantes envolvidas no processo, a pigmentação é limitada a uma paleta de cores específicas. Sendo assim, a pintura eletrostática é o método adequado para aplicação de tinta nas estruturas de alumínio (ARAUJO, 2018).

O método em questão, contempla a aplicação de um pó sobre o alumínio através de equipamentos eletrostáticos. Na ponta da pistola do equipamento é criado um campo eletrostático que gera íons negativos. O perfil ou peça de alumínio, por sua vez, atua como polo positivo. Assim, a tinta adere perfeitamente na superfície de alumínio.

A ABNT NBR 14125: 2009 estabelece parâmetros para a Pintura Eletrostática para fins arquitetônicos, ela é um revestimento classificado como *termofix*, e dentro da norma existe toda a determinação quanto aos equipamentos utilizados, características e temperatura da tinta, além de fatores que incidem na fixação e aderência da pintura com as estruturas de alumínio, bem como estruturas com base nas propriedades de outros materiais e superfícies.

Figura 17 – Processo de pintura eletrostática.



Fonte: Própria, a partir de Ion Eletrostática: site, 2023.

Conforme apontado na Figura 17, a aplicação da tinta ocorre soprando-a no ambiente ao redor da peça ou diretamente sobre ela. É essencial que o objeto a ser pintado seja aterrado, pois a terra é um excelente condutor de eletricidade, o que atrai a tinta em direção ao objeto, criando uma camada que adere de forma eletrostática. Esse campo elétrico também é conhecido como Chuva de Íons, devido à sua capacidade de ionizar e eletrizar as partículas de tinta pulverizadas por ele. Normalmente, esse campo elétrico é formado por cargas elétricas negativas, embora também possam ser encontrados íons positivos. A região em frente à pistola é onde um campo elétrico é gerado para descarregar a tinta em pó através do eletrodo. Usando uma pistola eletrostática, a tinta em pó adquire uma carga elétrica negativa fornecida por um eletrodo, que pode alcançar até 100.000 volts (ASM Engenharia, 2022).

No mercado atual, existe uma grande variedade de coloração para pintura de perfis de alumínio. Dentre os tipos de tintas aplicáveis estão a epóxi, híbrida, poliésteres, poliuretanos e tinta em pó metálica. São diversos os benefícios do uso da pintura eletrostática, além da perfeita uniformidade na superfície do alumínio, essa pintura é resistente a raios UV, além de também apresentar durabilidade longa mesmo exposta a chuvas, neblinas e maresia.

### 2.2.6 Componentes

Considerando todos os processos delicados, aos quais os vidros e estruturas de alumínio são submetidas para utilização em fachadas, são necessários diversos outros acessórios importantes para a consolidação do conjunto de pele de vidro.

Dentre os produtos utilizados no processo de execução e instalação, tem-se os adesivos dupla face para *structural glazing*, álcool isopropílico, panos brancos, primer para o vidro, primer para o perfil, fita crepe e silicone neutro com aplicador. Já, dentre os equipamentos utilizados no processo de execução e instalação, tem-se os roletes de pressão, alicates de pressão, estiletes, suportes para isolamento dos vidros, gaxetas de vedação e trincos.

### 3 TIPOLOGIA DE FACHADAS

De acordo com Patterson (2011), nenhum outro sistema de construção afeta tanto a aparência quanto o desempenho de um edifício como a fachada.

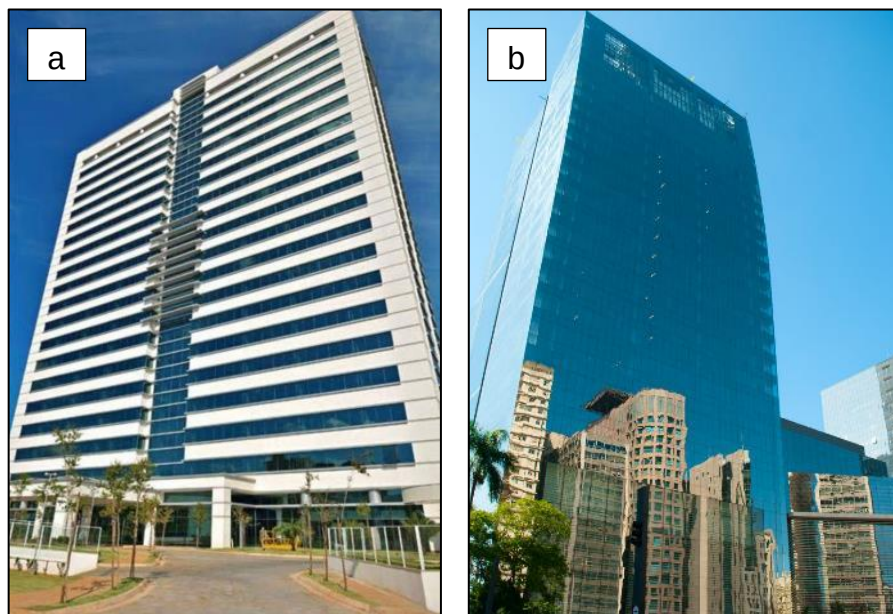
As fachadas de edifícios desempenham diversas funções, sendo uma das mais cruciais a estética, destacando-se especialmente o do vidro na arquitetura contemporânea. Nos últimos 10 dez anos, houve um crescimento excepcional no segmento de construção de fachadas caixilharias envidraçadas, conforme apontado por Cardoso (2022).

Esse crescimento pode ser atribuído a fatores como o aprimoramento das Normas Brasileiras, incluindo revisões recentes das normas de vidros, como a ABNT NBR 7199: 2016 para silicone estrutural de colagem de vidros, bem como o desenvolvimento tecnológico em outros segmentos da construção e a utilização avançada do BIM — *Building Information Modeling*. Além disso, há uma demanda crescente por melhor desempenho acústico e térmico, juntamente com o uso otimizado do alumínio como material estrutural das fachadas.

Nesse contexto, o sistema de fachada-cortina é uma solução arquitetônica que permite criar fachadas totalmente envidraçadas, eliminando a necessidade de elementos estruturais em concreto visíveis, o que proporciona maior entrada de luz natural nos espaços internos e confere leveza e transparência ao empreendimento, em detrimento da fachada entre vãos.

A Figura 18 demonstra uma exemplificação de dois edifícios. Na ilustração (a) o Condomínio Centro Profissional Ribeirão Shopping em Ribeirão Preto, com uma fachada entre vãos e, na ilustração (b) o edifício Torre Matarazzo em São Paulo, que exemplifica uma fachada cortina.

Figura 18 – Vista de edifícios com fachada entre vãos e fachada-cortina.



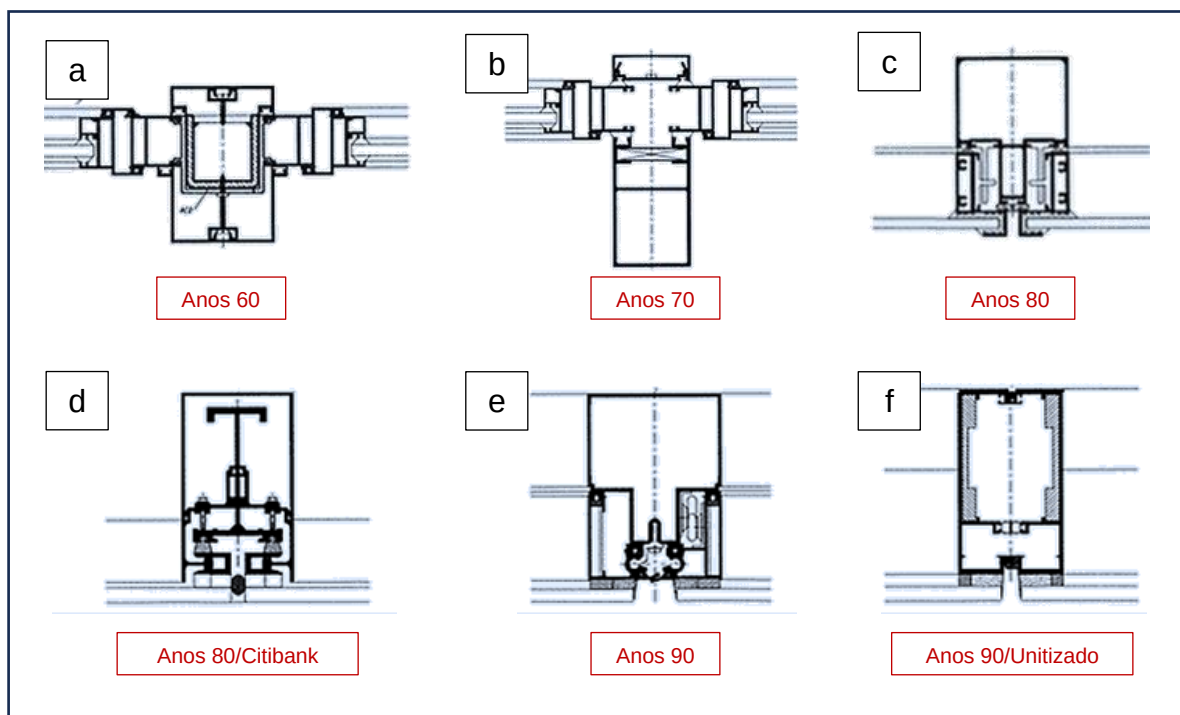
Fonte: Aluparts: site, 2023.

No edifício do centro comercial de Ribeirão Preto, há uma sagração que divide os elementos da fachada — o vidro e a alvenaria, principal característica das fachadas entre vãos. Já no edifício Matarazzo, há um único elemento. O vidro que passa na frente de qualquer estrutura. Segundo Petrucci (comunicação verbal, 2023), alguns edifícios podem conter os dois tipos de fachadas no mesmo projeto.

Nos últimos 15 anos, foram introduzidas no Brasil as fachadas unitizadas que, segundo Cardoso (2022), representam o método mais moderno e eficiente durante a instalação. No entanto, desde a década de 1980, já existem registros do uso do sistema *stick* no Brasil, englobando outros métodos de fixação do vidro: o *structural glazing* e a pele de vidro simples ou dupla — também conhecida como encaixilhada.

No Brasil, as fachadas envidraçadas tiveram início na década de 1960, com o método de fachadas-cortina ou *curtain-wall*, quando era comum utilizar uma estrutura de aço nas colunas de alumínio. Naquela época, muitos construtores ainda desconheciam a alta resistência mecânica do alumínio (CS Home: site, 2022). A análise das seções transversais de perfis contidos na Figura 19 revelam um panorama evolutivo das técnicas construtivas ao longo do tempo.

Figura 19 – Evolução dos métodos de fixação em fachadas envidraçadas.



Fonte: Adaptado de Alusistem: site, 2007.

A ilustração (a) retrata um perfil datado dos anos 1960, aplicado em fachadas-cortina.

Na ilustração (b), destaca-se um perfil ainda no contexto de fachada cortina, porém com dimensões ampliadas externamente e vidros espaçados.

A ilustração (c) apresenta um perfil com encaixe para vidro, caracterizado por menor espaçamento entre os painéis.

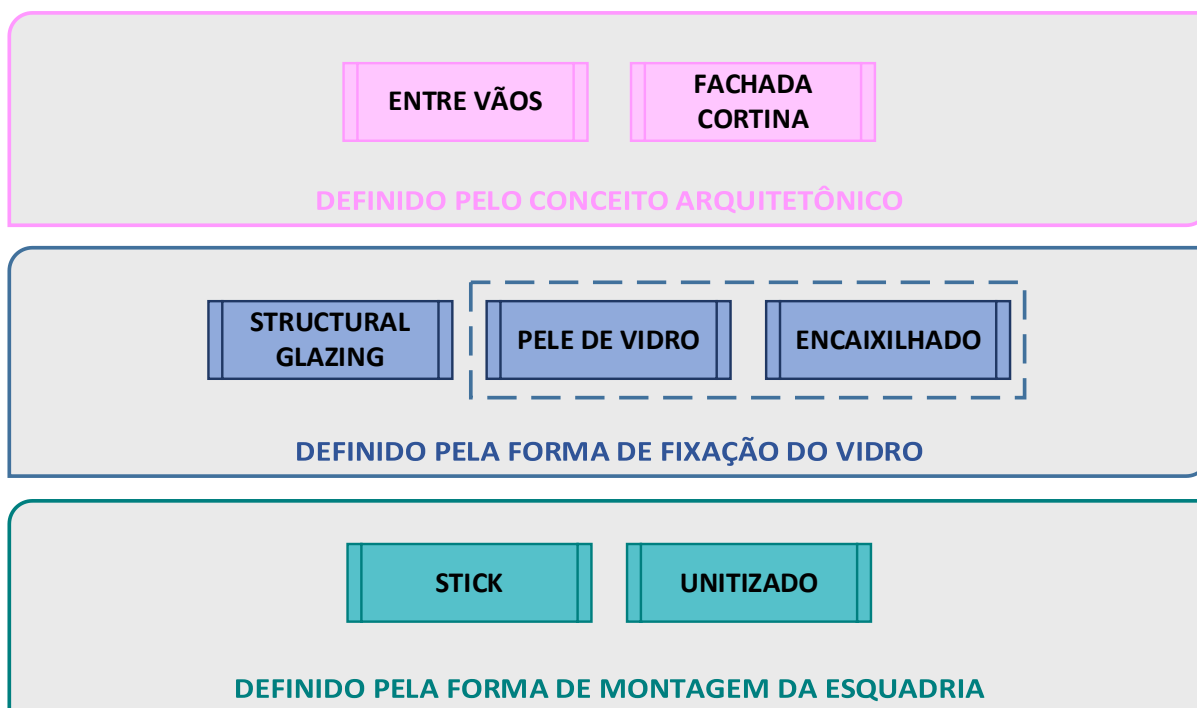
A ilustração (d) representa o pioneiro perfil do sistema *stick* no Brasil, vinculado ao Citibank.

Já a ilustração (e) ilustra um perfil associado ao método *stick structural glazing*.

Por fim, a ilustração (f) exhibe a seção do primeiro sistema nacional relacionado ao método unitizado. Essas representações iconográficas oferecem uma compreensão abrangente da progressão das abordagens construtivas no cenário de fachadas no Brasil.

Em termos gerais, segundo Petrucci (comunicação verbal, 2023), as fachadas podem ser classificadas segundo o conceito arquitetônico, segundo a forma de fixação do vidro e, por fim, segundo a forma de montagem da esquadria, conforme relacionado na Figura 20.

Figura 20 – Tipologia de fachadas.



Fonte: Adaptado de Petrucci, 2023.

Desta forma, uma fachada pode ser, segundo o conceito arquitetônico, uma fachada-cortina; segundo a forma de fixação do vidro, pode ser em pele de vidro; e segundo a forma de montagem, pode ser unitizada, por exemplo (PETRUCCI, 2023).

A seguir, a fachada-cortina e suas variações — *structural glazing*, pele de vidro, *stick* e unitizada serão mais aprofundadas. Por ser um método que envolve a utilização de outros elementos além do vidro e do alumínio, as fachadas entre vãos não serão abordadas.

### 3.1 Fachada-cortina

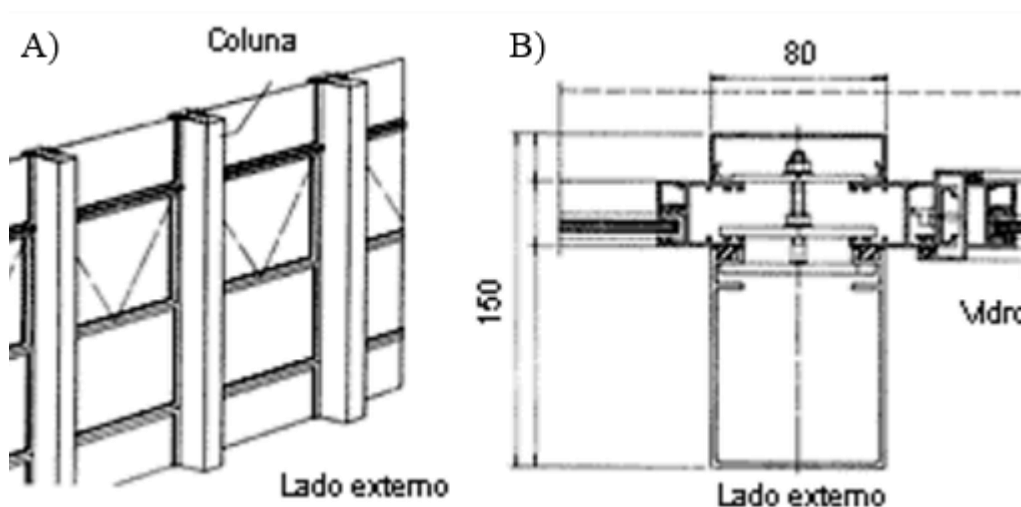
O sistema conhecido como fachada-cortina, em inglês *Curtain Wall*, teve seu primeiro relato no ano de 1917, no edifício *Hallidie Building*, em São Francisco, Estados Unidos, desenvolvido pelo arquiteto Willis Polk. Naquela época, o sistema ainda era rudimentar e utilizava estruturas de aço, em vez de alumínio, como é feito atualmente (ARAUJO, 2018).

No Brasil, a técnica começou a ser utilizada a partir de 1960, e somente em 1977 o aço foi substituído pelo alumínio (ARAUJO, 2018). As fachadas-cortinas não

são projetadas para suportar cargas verticais além do seu próprio peso, sendo caracterizadas como paredes não portantes (ARRUDA, 2010).

De forma simplificada, a fachada cortina é um sistema de vedação vertical composto por placas fixadas em uma subestrutura. Essa subestrutura é composta por colunas e travessas de alumínio, que são fixadas à estrutura do prédio, enquanto os vidros são encaixilhados nessa estrutura de alumínio (AEC Web: site, 2022). A instalação ocorre totalmente externa à estrutura, como ilustrado na Figura 21.

Figura 21 – Modelo de fachada-cortina.



Fonte: Alusistem: site, 2007.

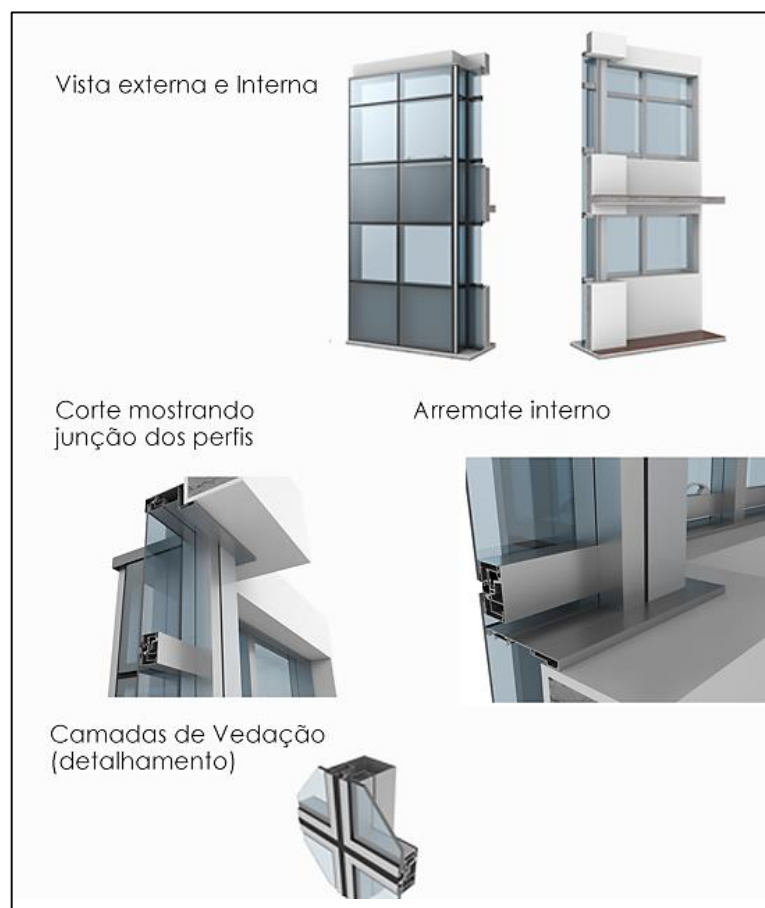
Na Figura 20, a imagem do (a) evidencia as colunas de forma marcante na fachada pelo lado externo; na imagem (b) tem o detalhe deste perfil que forma a coluna.

Stormovski (2022) menciona que o sistema de fachada-cortina foi o precursor no Brasil em termos de fachadas envidraçadas devido ao crescente apelo estético, à praticidade e à leveza do sistema, sendo utilizado de forma ampla a partir da década de 60. Porém, por conta do alto consumo de alumínio, novas formas de execução e instalação foram desenvolvidas em detrimento das que vinham sendo utilizadas até então, tendo em vista a obtenção de fachadas mais homogêneas. Assim, buscando novas formas de fixar o vidro no caixilho, surgem os sistemas *structural glazing* e a pele de vidro — encaixilhada.

### 3.2 *Structural glazing*

O *structural glazing* vem como parte da evolução da fachada-cortina, é um sistema no qual o vidro é colado com silicone estrutural nos perfis dos quadros de alumínio do sistema de fachada, resultando em uma estrutura oculta, conforme exemplificado na Figura 22, sem a necessidade de molduras ou perfis aparentes. O selante de silicone torna-se um elemento estrutural, aderindo aos suportes e transferindo às estruturas metálicas as cargas aplicadas sobre a fachada (AFEAL: site, 2022).

Figura 22 – Esquema de fachada *structural glazing*.



Fonte: *Structural Glazing*: site, 2022.

Esse sistema também garante a estanqueidade, e sua elasticidade permite a dilatação e a contração do vidro sem causar impactos negativos. O resultado é uma fachada envidraçada contínua, em que as juntas entre os vidros são minimizadas, proporcionando uma visão limpa e esteticamente atraente do edifício.

Conforme apontado por ARRUDA (2010), a instalação desse sistema requer muito cuidado. Durante o processo de colagem dos vidros, não é recomendada a aderência do silicone com os perfis de alumínio com pintura eletrostática. Em vez disso, é indicado o uso de perfis com acabamento em anodização. Uma alternativa à colagem dos vidros com silicone estrutural é a utilização de fita dupla face, de acordo com a ABNT NBR 15919: 2011 – Perfis de alumínio e suas ligas com acabamento superficial — Colagem de vidros com fita dupla-face estrutural de espuma acrílica para construção civil.

No sistema *structural glazing*, a transferência de carga do componente de vedação ao caixilho, o ocorre pelo silicone estrutural ou através de fita Dupla face (ARRUDA, 2010) seguindo a ABNT NBR 15919: 2011. O material selante se torna também um elemento estrutural, garantindo a estanqueidade e elasticidade permitindo a dilatação e a contração do vidro (AFEAL, site, 2022).

Para este capítulo, vamos abordar a metodologia de colagem com fita dupla face, conforme a ABNT NBR 15919: 2011 o item 3.3 diz o seguinte:

Sistema de colagem estrutural de vidro, onde a fita dupla-face é uma barreira contra a passagem de ar e água através de uma membrana de um edifício e propicia suporte estrutural e fixação de vidros ou outros componentes a uma janela, fachada-cortina ou outro sistema de esquadria de alumínio ou liga de alumínio. (ABNT NBR 15919: 2011, p. 2).

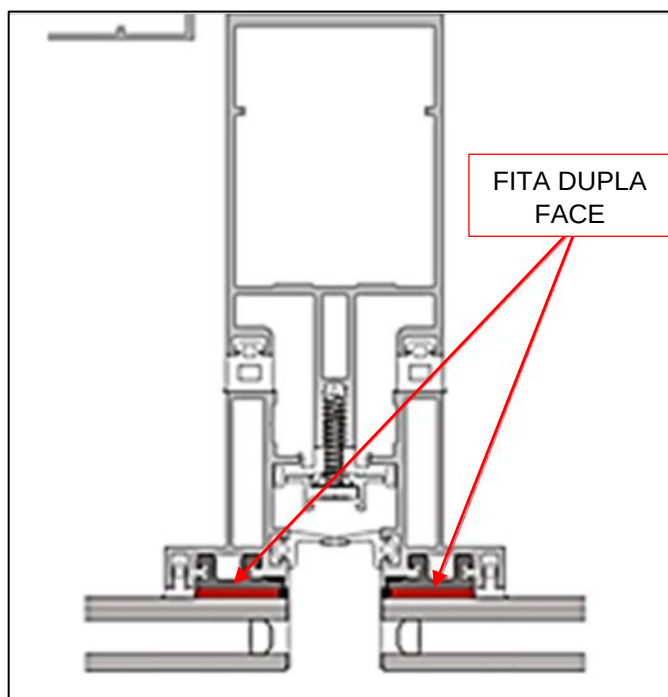
O sistema de fixação por selante oferece várias vantagens, como a adesão química do selante a uma ampla gama de substratos, resistência a intempéries, raios UV e facilidade de aplicação. No entanto, é necessário tomar uma série de precauções durante a aplicação do selante para garantir uma aderência perfeita entre o material e o vidro (AFEAL, site, 2022). Esse tipo de serviço requer uma área apropriada para a colagem, controle de poeira no ambiente e uma inspeção cuidadosa, incluindo o acompanhamento de um técnico da empresa fabricante da fita (METALICA, site, 2023).

Por outro lado, ao utilizar a fita de fixação, há uma melhoria no tempo de produção. Após a aplicação da fita no vidro ou caixilho de alumínio, formando um painel de fixação, essa peça pode ser colocada diretamente na posição de instalação na fachada, sem a necessidade de tempo de cura, ao contrário do método de

aplicação com silicone. Isso elimina o processo de armazenamento e permite ganhos significativos em eficiência e produtividade.

Na Figura 23, apresenta um detalhe do de fachada com *Structural Glazing* com fita dupla-face — Adesivo Estrutural.

Figura 23 – Detalhe em projeto da fita dupla-face. Destacado em vermelho.



Fonte: Adaptado de FK Esquadrias, site, 2019.

A aplicação da fita dupla-face é um método eficiente exemplificado na tabela 10. Seguir as orientações da norma é fundamental para assegurar uma instalação adequada da fita dupla-face, proporcionando uma fixação confiável dos vidros na fachada e garantindo a segurança dos usuários e a durabilidade do sistema.

Tabela 10 – Processo de colagem em vidro com fita dupla-face.

| Etapa | Descrição                                                                                                 | Imagem                                                                               |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Limpeza da Superfície do vidro com álcool isopropílico.                                                   |    |
| 2     | Aplicação da fita no vidro com o auxílio de uma espátula, para evitar a formação de bolhas na superfície. |    |
| 3     | Após a aplicação da fita, deve-se pressionar com um rolete de Borracha                                    |   |
| 4     | Aplicação de Silano no vidro e uma camada uniforme de primer na esquadria                                 |  |
| 5     | Apertar a esquadria colada com alicate de pressão                                                         |  |

Fonte: Adaptado de Arruda, 2010.

Na Figura 24 temos a exemplificação de um edifício construído em fachada-cortina em *Strutural Glazing*, sendo o edifício sede da Procuradoria Geral da República em Brasília.

Figura 24 – Edifício da Procuradoria Geral da República.



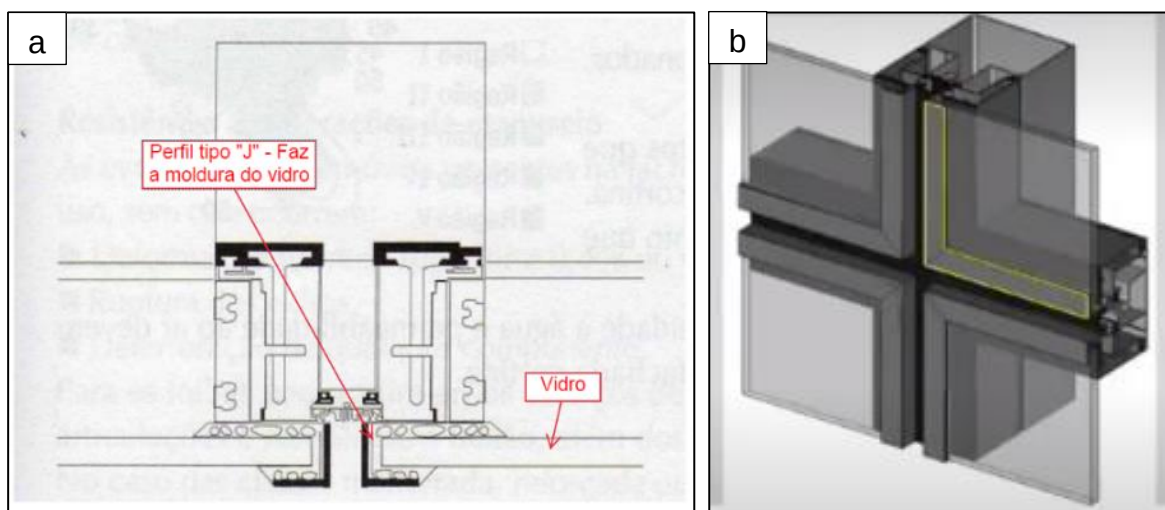
Fonte: O Globo: Site, 2019.

### 3.3 Pele de vidro — encaixilhada

Antes de 1980, as fachadas dos edifícios eram compostas por vigas externas expostas, com módulos de vidro entre as colunas (ARRUDA, 2010). Com o passar do tempo, a tendência arquitetônica era reduzir a visibilidade desses elementos de vigas, o que levou ao surgimento do sistema *stick* em pele de vidro.

Nesse modelo de fachada em Pele de vidro, sua parte visual é predominante vidro, porém todo o perímetro de cada peça de vidro é composto por perfis de alumínio, denominado de perfil tipo “J”, conforme ilustrado na Figura 25, que detalha um perfil de fachada em pele de vidro. Isso confere ao empreendimento um aspecto mais moderno na fachada, com um espaçamento entre os vidros menor.

Figura 25 – Modelo do perfil em fachada pele de vidro.



Fonte: Adaptado de Scoutdoor: site: 2016.

Na ilustração (a) é apresentado detalhe em planta das fixações da fachada cortina, com detalhe ao perfil tipo “J” que forma uma borda no entorno do vidro.

Na ilustração (b) é apresentado uma vista 3D da fachada cortina, o item destacado em amarelo é o perfil tipo “J” que forma uma borda no entorno do vidro.

Para exemplificação de edifício com pele de vidro, na Figura 26 temos a imagem do edifício Dacon, na Av. Faria Lima – São Paulo.

Figura 26 – Edifício com fachada-cortina.



Fonte: Dacon: site, 2019.

Pensando na eficiência energética e na redução da temperatura interna dos edifícios, alguns sistemas de fachadas, como a pele de vidro, podem ser executados com vidros duplos. Nesse caso, há um pequeno espaço entre os dois vidros paralelos para permitir a dissipação das ondas de calor. No entanto, com os avanços tecnológicos na produção de vidros, hoje existem soluções viáveis e eficientes que utilizam apenas uma folha de vidro laminado, como os vidros insulados (CARDOSO, 2022).

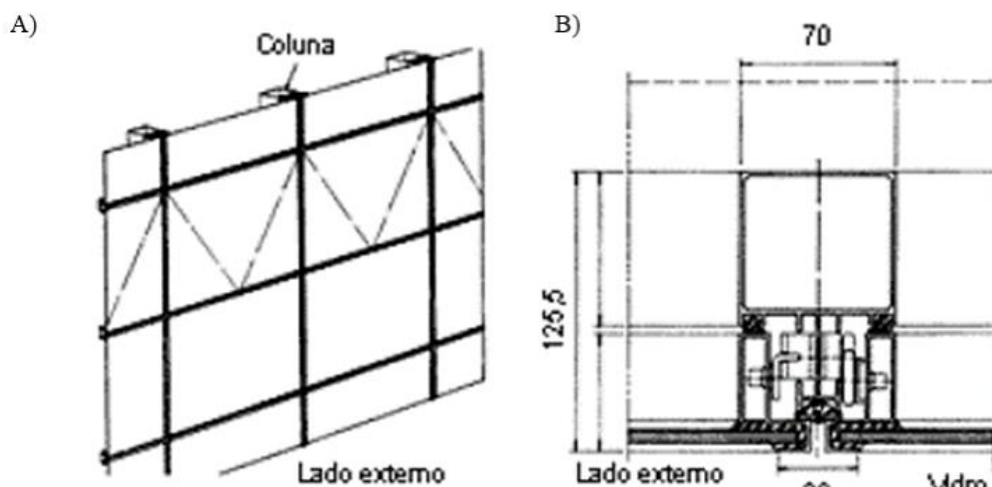
Esses vidros insulados oferecem um melhor desempenho em termos de isolamento térmico, ajudando a reduzir a transferência de calor do exterior para o interior do edifício. Eles são compostos por duas ou mais camadas de vidro, separadas por uma câmara de ar ou gás isolante, que atua como uma barreira adicional ao calor. Essa configuração ajuda a evitar a entrada de calor excessivo durante o verão e a perda de calor no inverno, contribuindo para um ambiente interno mais confortável e reduzindo a demanda de energia para climatização.

### **3.4 Sistema *stick***

O sistema *stick* surgiu teve a sua introdução no Brasil na década de 1980. Nesse sistema, a subestrutura de alumínio passou a ter seções um pouco menores. Primeiramente, são instaladas as colunas de alumínio na estrutura da edificação, seguidas pelas travessas e pelas folhas de vidro. Visualmente, o sistema apresenta menos elementos estruturais de alumínio pelo lado externo da construção, como demonstrado na Figura 27.

Com a evolução para o método *stick*, cuja tradução literal do inglês é “grudar”, representa uma fase em que os vidros das fachadas começaram a ser fixados com novos elementos, proporcionando uma maior área envidraçada.

Figura 27 – Detalhe de fachada com sistema *stick*.



Fonte: Alusistem: site, 2007.

Na Figura 27, a ilustração (a) evidencia a fachada pelo lado externo, onde se tem uma área maior de vidro; a ilustração (b) evidencia o detalhe deste perfil que forma a coluna, marcante pelo lado interno.

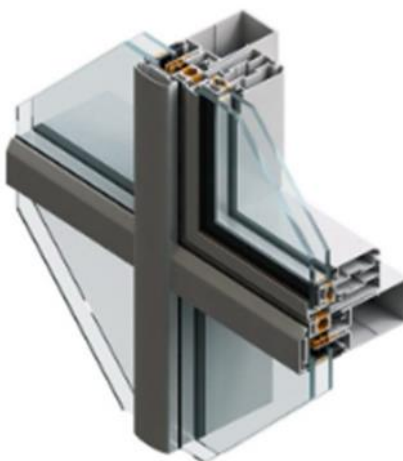
As principais características das fachadas *stick* são sua flexibilidade e adaptabilidade à estrutura vertical da edificação. No entanto, esse sistema apresenta a desvantagem de requerer montagem direta no canteiro de obras, ao invés de ser realizada em um galpão, onde as condições de montagem seriam controladas (ARRUDA, 2010). Isso implica na necessidade de uma equipe especializada para a montagem da estrutura em altura. Assim, esse sistema engloba outros dois métodos: o *structural glazing* e a pele de vidro encaixilhada conforme as Figuras 28 e 29.

Figura 28 – Sistema *stick* — *structural glazing*.



Fonte: Kichler Esquadrias: site, 2023.

Figura 29 – Sistema *stick* — pele de vidro com vidro duplo.



Fonte: Kichler Esquadrias: site, 2023.

### 3.5 Sistema unitizado

O sistema unitizado foi desenvolvido por engenheiros norte-americanos na década de 1990. Consiste em um revestimento de fachada pré-fabricado e pré-montado em fábricas, denominado painéis modulares, que são compostos por uma combinação de elementos, como gaxetas, acessórios, borrachas e vidros. Esses painéis são transportados para a obra e, durante a instalação da fachada, são unidos para formar o envelope do edifício.

Inicialmente, esse método com painéis foi apresentado como uma alternativa aos métodos tradicionais de construção de fachadas, que exigem trabalho *in loco*, como o método *structural glazing*. Com o passar dos anos, o sistema unitizado se

consolidou como uma opção construtiva devido às suas vantagens, apesar de ter um custo potencialmente maior em relação a outros métodos. Sua execução é mais eficiente, o que torna importante para as construtoras analisarem a relação custo-benefício em cada projeto.

No Brasil, o Edifício BankBoston, localizado na Av. Marginal Pinheiros em São Paulo, inaugurado em 2002, é considerado o primeiro registro de utilização do sistema unitizado em fachadas (ARAÚJO, 2018), conforme ilustrado na Figura 30.

Figura 30 – Edifício BankBoston.



Fonte: HTB Engenharia: site, 2023.

Uma das principais vantagens desse sistema é a instalação realizada de dentro do pavimento para fora, eliminando a necessidade de descidas em balancim, como ilustrado na Figura 31. Isso resulta em uma redução nos custos de mão de obra, além de garantir processos de qualidade mais rigorosos, uma vez que são mais facilmente inspecionados devido à sua acessibilidade aprimorada (ARRUDA, 2010).

Figura 31 – Exemplo de instalação fachada unitizada.



Fonte: Dewalt: site, 2023.

### **3.6 Processo de execução e instalação**

#### **3.6.1 Referencial normativo**

O processo de instalação de fachadas envidraçadas sofre constantes ajustes em suas etapas. Da mesma forma que todas as atividades da construção civil possuem normativas para sua execução, esse tipo de revestimento também requer uma série de cuidados e especificações para garantir o bom desempenho e vida útil de sua estrutura.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas garante normas para aplicação e tratamento de diversas atividades na construção civil. No caso de fachadas envidraçadas, não há uma norma que contemple inteiramente o processo e seus componentes. No entanto, isso não quer dizer que não há regras. O dicionário normativo abrange uma gama diversa de materiais e processos executivos, dentre eles tem-se normas direcionadas ao uso do vidro e suas diferentes aplicações, bem como o uso do alumínio e suas propriedades.

Cabe ressaltar que, por se tratar de uma avaliação independente desses materiais, cabe os profissionais da área, avaliar e estabelecer relações diretas entre os materiais, suas aplicações e normas para garantir o desempenho adequado de suas propriedades quando trabalhadas em conjunto.

Para estudo de projeto e sua execução, o sistema de fachadas envidraçadas se enquadra em uma estrutura de esquadria externa para edificações. Com base nesse aspecto, a norma de esquadrias externas para edificações ABNT NBR 10821: 2017 – Esquadrias para edificações parte 2: Esquadrias externas — Requisitos e classificação — divide suas determinações para avaliação de projeto, com base em cinco divisões, sendo elas a terminologia, os requisitos e classificação, os métodos de ensaio, os requisitos extras de desempenho e instalação, e a manutenção.

A norma abrange toda cadeia de produção das esquadrias de alumínio, garantindo e exigindo a realização de testes para aferir o desempenho e qualidade do material de acordo com sua aplicação. A resistência do material, em relação a força natural suportada em contato ao vento, chuvas e manuseio em geral é o que mais importa para a determinação de execução do método.

Para estabelecer as regras gerais para utilização dos vidros na construção civil, foi intitulada a ABNT NBR 7199: 2016 — norma para projeto, execução e aplicações de vidro na construção civil. Em suas especificações, são definidos os tipos de vidro para cada aplicação. No caso da aplicação em fachada, que é enquadrada em aplicação especial, existem os vidros específicos para utilização vertical de acordo com a altura de fixação em relação ao piso. Esta norma também estabelece padrões para determinação da espessura do vidro, de acordo com sua aplicação, bem como os parâmetros de instalação do material, dentre outros quesitos.

Pensando nos empreendimentos cada vez mais altos, construídos nas grandes cidades, o contato direto do vento como aspecto ambiental e natural das regiões, é uma das maiores preocupações no que diz respeito a resistência do material escolhido para fachadas. O efeito do vento é um dos maiores desafios da engenharia de estruturas. Sendo assim, a ABNT NBR 6123: 1988 estabelece normativas para as forças devidas ao vento em edificações, pensando na velocidade do vento que a estrutura estará submetida, o fator estático, assim como também a força de arrasto em que essa estrutura será submetida. As fachadas-cortinas, constituem uma estrutura independente atrelada a estrutura física dos grandes prédios, portanto a preocupação acaba se tornando dobrada quanto a firmeza dos materiais empregados nessas fachadas.

Abordando a relação direta entre os perfis de alumínio e os vidros, existem técnicas distintas para a fixação dos vidros nas estruturas. O sistema de colagem dos

vidros nas estruturas deve ser determinado de acordo com uma profunda análise de projeto, tipo de vidro, carga dele, altura das estruturas, dentre outros aspectos relevantes. Dentre alguns métodos existentes, designa-se um procedimento normativo para eles. Assim tem-se como exemplo o sistema de colagem de vidros com fita dupla-face, anteriormente citado, que é regimentado pela ABNT NBR 15919: 2011, intitulada como: Perfis de alumínio e suas ligas com acabamento superficial — Colagem de vidros com fita dupla face estrutural de espuma acrílica para construção civil. Além da ABNT NBR 15737: 2009: Perfis de alumínio e suas ligas com acabamento superficial — Colagem de vidros com selante estrutural, que apresenta regras para outro método de colagem de vidros em estruturas de alumínio.

Não há como determinar o tipo de fixação do vidro sem profunda análise do projeto. São diversos fatores que devem ser levados em consideração. Além das principais normas citadas, nossa Associação Brasileira de Normas possui uma ampla lista de normas considerando cada especificidade de projeto, comprovando a necessidade de estabelecer um estudo em conjunto com os aspectos definidos com base no projeto inicial.

Assim como as normas citadas, existem uma série de normas que precisam ser consultadas para atender o desempenho esperado na execução de estruturas de pele de vidro em fachadas, conforme demonstrado na tabela 11.

Tabela 11 – Normas para esquadrias e perfis.

| <b>Norma</b>                | <b>Descrição/Título da Norma</b>                                                            |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ABNT NBR 6485: 2000</b>  | Caixilho para edificação, janela, fachada cortina e porta — Verificação de penetração de Ar |
| <b>ABNT NBR 6486: 2000</b>  | Caixilho para edificação, janela, fachada cortina e porta – Estanqueidade à Água            |
| <b>ABNT NBR 6487: 2000</b>  | Caixilho para edificação — janela — Verificação de cargas uniformemente distribuídas        |
| <b>ABNT NBR 10820: 2011</b> | Caixilho para edificação — janela terminologia                                              |
| <b>ABNT NBR 10821: 2017</b> | Caixilho para edificação — janela – Especificação                                           |
| <b>ABNT NBR 10829: 2011</b> | Caixilho para edificação — janela – Medição de Atenuação Acústica                           |
| <b>ABNT NBR 10830: 2021</b> | Caixilho para edificação — Acústica dos Edifícios – Terminologia                            |
| <b>ABNT NBR 10831: 2011</b> | Projeto e utilização de caixilhos para edificações de uso residencial e comercial — janelas |
| <b>ABNT NBR 15575: 2013</b> | Norma de Desempenho das Edificações, VUP Vida Útil de Projeto                               |
| <b>ABNT NBR 6123: 2019</b>  | Forças devido ao vento em edificações                                                       |
| <b>ABNT NBR 6834: 2010</b>  | Alumínio e suas ligas                                                                       |
| <b>ABNT NBR7000: 2005</b>   | Alumínio e suas ligas — Produtos extrudados — Propriedades Mecânicas                        |
| <b>ABNT NBR 7399: 2015</b>  | Produtos de aço e ferro fundido — Verificação de espessura de revestimento                  |
| <b>ABNT NBR 7556: 2006</b>  | Chapas de alumínio e suas ligas — Especificação                                             |
| <b>ABNT NBR 8116: 2018</b>  | Alumínio e suas ligas — Produtos extrudados — Tolerância dimensionais                       |
| <b>ABNT NBR 8117: 2021</b>  | Alumínio e suas ligas — barras, arames, perfis e tubos extrudados – especificação           |
| <b>ABNT NBR 8968: 2007</b>  | Alumínio e suas ligas — Tratamento e Superfície — Classificação                             |
| <b>ABNT NBR 14229: 2012</b> | Alumínio e suas ligas — Tubos extrudados para fins estruturais                              |
| <b>ABNT NBR 14246: 1999</b> | Ligas de Alumínio extrudados e/ou trefilados para usinagem                                  |
| <b>ABNT NBR 14615: 2006</b> | Alumínio e suas ligas — Determinação da flexibilidade por mandril cônico da pintura         |
| <b>ABNT NBR 14622: 2006</b> | Alumínio e suas ligas para fins arquitetônicos — Determinação da aderência da pintura       |

Fonte: Adaptada de Araújo, 2018.

### 3.6.2 Fatores de qualidade

Assim como qualquer processo executivo dentro do mercado da construção civil, cabe colocar a existência de parâmetros para a determinação e garantia da qualidade do serviço. Dentre os aspectos considerados, pode-se ressaltar a importância de uma mão de obra especializada para execução da atividade, a validação da matéria prima utilizada, bem como os materiais e acessórios envolvidos, sem falar dos ensaios e testes necessários para a aferição do conjunto.

#### 3.6.2.1 Mão de obra especializada

Como já citado nessa pesquisa, a escolha do sistema de fachada cortina cresce diariamente dentro dos projetos de grandes e pequenos empreendimentos. Isso causa uma sede dentre as empresas para conquistar a execução dos projetos visando o grande lucro que os contratos podem proporcionar. No entanto, não se trata de um serviço simples, e cabe as detentoras do projeto concederem a execução do serviço a empresas que possuam mão de obra adequada e apta para atender as especificações que o processo exige.

A dificuldade em se obter uma mão de obra qualificada se dá, pois, a estrutura da fachada cortina permite a adesão de vários materiais além do vidro na estrutura de alumínio. É possível utilizar outros elementos como ACM — *Aluminium Composite Material*, cerâmica, até mesmo granito na mesma fachada. Além disso, a aplicação do conjunto em fachadas esbeltas, com grandes alturas, faz com que a atenção seja redobrada, tanto na preocupação da segurança da equipe responsável, quanto na garantia de qualidade do serviço.

Geralmente a empresa prestadora do serviço de instalação confere à responsável pelo projeto uma garantia pelo serviço. Diferente de outros serviços, essa questão é de extrema importância, uma vez que, não há a oportunidade de aferição 100% do serviço pela dificuldade de acesso ao local, principalmente depois da atividade finalizada. A Figura 32 ilustra a etapa de vedação entre os perfis da fachada.

Figura 32 – Processo de vedação da fachada cortina.



Fonte: Brasilimp: site, 2023.

#### 3.6.2.2 Ensaios e laudos

A ABNT NRBR 10821: 2011, norma de esquadrias externas para edificações, exige a realização de testes com o objetivo de aprovar ou reprovar esquadrias externas. Apesar do sistema de pele de vidro possuir suas especificidades, por funcionar como vedação externa, se enquadra na normativa para esquadrias. Os ensaios exigidos para avaliação estão descritos em normas previamente pensadas para atender o bom desempenho da instalação, por meio dos resultados desses ensaios, é possível determinar o nível de desempenho do conjunto de esquadria.

No ensaio de verificação da penetração do ar – ABNT NBR 6485: 2000, a esquadria é submetida a uma pressão de vento, no caso da pele de vidro, uma região do seu conjunto é submetida a uma pressão de vento, sendo averiguado qual o volume de ar que passa pela esquadria. Neste caso, o teste é importante para garantir o melhor desempenho em ambientes climatizados, e para conferir o melhor conforto ao usuário do ambiente fechado pelo sistema. No caso de haver um volume considerável na passagem de ar, haverá uma obrigatoriedade de trabalhar com um sistema de climatização sobrecarregado, com intuito de manter a temperatura do ambiente, aumentando elevadamente o consumo de energia elétrica.

Para aferir a estanqueidade da água – ABNT NBR 6486: 2000, no ensaio a esquadria ou conjunto, é instalada em um pórtico, simulando a condição real de instalação na edificação. Esse pórtico é envolto a uma câmara de ensaio que fará a

simulação da ação da chuva, em conjunto com as pressões de vento. A partir disso, é possível verificar a ocorrência de borbulho no trilho, e até mesmo vazamentos em outros pontos da esquadria. Neste caso, espera-se que a esquadria não permita infiltração de água que molhe a face interna do ambiente.

Já no caso do ensaio para verificação de comportamento, quando a esquadria é submetida a cargas uniformemente distribuídas – ABNT NBR 6487: 2000, a intenção é verificar a capacidade do conjunto ou fachada em suportar pressões internas e externas sem sofrer danos. Não pode haver em hipótese alguma as folhas ou vidros desprendidos após o teste. Essa é uma questão que visa a integridade do material e instalação, além de aferir ausência de risco para os pedestres que circularão próximo a fachadas que contenham essa estrutura.

Sendo mais uma etapa para garantir parâmetros de qualidade, a esquadria deve ser submetida a ensaios mecânicos que propõem as condições normais de uso de uma esquadria – ABNT NBR 6488: 1980, tais como abertura e fechamento no caso de folhas de vidro móveis, com a intenção de averiguar a durabilidade e possível perda de performance a longo prazo. Esse seria o processo de verificação da resistência às operações de manuseio.

Por se tratar de um material exposto geralmente em fachadas, na maioria das vezes em grandes alturas, deve ser realizado o ensaio de resistência as operações de manuseio, considerando cargas não usuais – ABNT NBR 6489: 2019, as quais as esquadrias ou conjunto de pele de vidro podem ser expostas, e ainda sim devem garantir a segurança dos usuários.

A partir disso, a norma também estabelece as designações de desempenho, de acordo com o resultado dos ensaios, conforme a tabela 12 apresentada a seguir:

Tabela 12 – Níveis de Desempenho de Esquadrias.

| Ensaio                                                                                                                                                                                                                                                          | Desempenho                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                 | Mínimo (M)                                                                                                                                                                                                                                | Intermediário (I)                                                                                                                                                                                                 | Superior (S)                                                     |
| Permeabilidade ao Ar                                                                                                                                                                                                                                            | Vazão por Área:<br>62,45m³/h x m² a<br>163,52m³/h x m²                                                                                                                                                                                    | Vazão por Área<br>6,66m³/h x m² a<br>62,44m³/h x m²                                                                                                                                                               | Vazão por Área<br>< 6,66m³/h x m²                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                 | Vazão por Comprimento:<br>15,61m³/h x m a<br>40,88m³/h x m                                                                                                                                                                                | Vazão por Comprimento:<br>1,66m³/h x m a<br>15,60m³/h x m                                                                                                                                                         | Vazão por Comprimento:<br>< 1,65m³/h x m                         |
| Estanqueidade à Água                                                                                                                                                                                                                                            | É permitida a presença de água no perfil inferior do marco ou água originada do PI, desde que ocorra escoamento após o término da aplicação da vazão de água com pressão. Não é permitido que a água ultrapasse o plano interno do marco. | É permitida a presença de água no perfil inferior do marco, desde que ocorra escoamento após o término da aplicação da vazão de água com pressão. Não é permitido que a água ultrapasse o plano interno do marco. | Não é permitida a presença de água na face interna da esquadria. |
| Resistência às cargas uniformemente distribuídas                                                                                                                                                                                                                | Ver os valores de pressão de acordo com altura da edificação e região do país da edificação                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |
| Operações de Manuseio                                                                                                                                                                                                                                           | Esforço aplicado conforme a ABNT NBR 10821-3, com avaliação da deformação residual obtida                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |
| Segurança nas Operações de Manuseio                                                                                                                                                                                                                             | Esforço aplicado conforme a ABNT NBR 10821-3, sem avaliação da deformação obtida, apenas da ruptura e queda de componentes da esquadria                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |
| <b>NOTA 1:</b> No ensaio de estanqueidade à água, desde que não esteja especificado em contrato e/ou a esquadria não seja instalada em ambientes condicionados, é permitida a ocorrência de permeabilidade inicial (PI), conforme definido na ABNT NBR 10821-3; |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |
| <b>NOTA 2:</b> O contratante deve determinar antes do ensaio, qual desempenho deseja ensaiar.                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |

Fonte: Adaptada de ABNT NBR 10821: 2011.

### 3.6.3 Processo de execução fachada *stick*

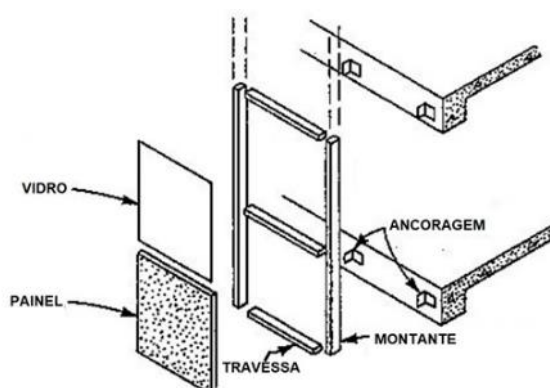
O processo de execução de fachada no formato *stick*, podem ser no formato *structural glazing* ou pele de vidro — *curtain wall* — onde os vidros são encaixilhados, esta escolha de modalidade se dá apenas pelo fator estético, onde se define a forma de como o vidro será fixado, sendo colado — *structural* — ou encaixilhado — pele de vidro, pois os outros processos de execução são similares entre as duas modalidades. (ARRUDA, 2010).

O sistema *stick* requer que a instalação da fachada seja executada totalmente pelo lado externo da edificação, com o auxílio de equipamentos como, balancins, plataformas de elevação e andaimes, pois a montagem dos componentes requer mão de obra qualificada porque colocação é feita peça por peça, sem a utilização de módulos pré-fabricados, sendo um trabalho feito em altura (MANEGATTI, 2019).

Geralmente, os elementos verticais, as colunas, são tipicamente colocados antes das travessas horizontais, e posteriormente são instaladas as unidades de envidraçamento ou painel, na Figura 30 são demonstrados os principais elementos da fachada *stick*.

No entanto, de acordo com Wurm (2007), não existe uma regra fixa a ser seguida, e em certos desenhos que enfatizam as linhas horizontais, o procedimento pode ser modificado para iniciar a instalação pelas travessas.

Figura 33 – Componentes das fachadas *stick*.



Fonte: Manegatti, 2019, p. 20.

Como evidenciado na Figura 33, o sistema *stick* é composto pela união das peças. Os montantes são ancorados na estrutura por meio de cantoneiras aparafusadas, que são as ancoragens, enquanto as travessas são conectadas aos

próprios montantes utilizando chapas de menor espessura. A instalação do sistema é concluída com a fixação do vidro no painel, finalizando o processo de montagem (MANEGATTI, 2019).

Antes da montagem dos componentes do sistema na estrutura da edificação, devem ser realizados o processo de mapeamento da estrutura que delimita a fachada, sendo executado a conferência dos prumos para verificação do alinhamento do prédio e níveis para conferência de cotas de lajes e vigas de borda, onde futuramente serão fixadas as ancoragens com chumbadores químicos ou de expansão, todos de inox, que distribuem a carga da fachada para a estrutura em concreto da edificação (ARRUDA, 2010).

Geralmente, a execução das fachadas *stick* pele de vidro ou *structural glazing* são iniciadas após a finalização da estrutura em concreto armado e outros elementos que tenham interface com a fachada, como alvenarias periféricas, diferentemente do sistema unitizado, que os painéis de vidro podem ser instalados enquanto a estrutura está em execução.

Na Figura 34, pode-se apreciar a instalação no formato *stick*, onde sempre é necessário o apoio de equipamentos pelo lado externo, como o uso de balancim e guincho para assemblar o vidro na estrutura *stick*.

Figura 34 – Instalação de fachada *stick* com equipamentos de apoio.



Fonte: Glass Esquadrias: site, 2023.

Na tabela 13, tem-se uma relação de componentes com sua descrição e função no sistema, exemplificados na Figura 35.

Tabela 13 – Relação de componentes da fachada stick.

| ID | Item                       | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A  | Montantes e travessas      | A união vertical dos perfis forma os montantes, enquanto a horizontal, as travessas. Os montantes vêm em módulos com dimensões suficientes para cobrir dois pavimentos, enquanto as travessas são cortadas a partir dos montantes.                                            |
| B  | Cantoneira de chapa grossa | Atua no chumbamento da estrutura metálica na estrutura de concreto da edificação                                                                                                                                                                                              |
| C  | Painéis de vidro           | Composto por vidros laminados, refletivos e incolores encaixilhados num quadro de alumínio. Possuem dimensões variáveis conforme paginação arquitetônica                                                                                                                      |
| D  | Presilhas                  | Acessório responsável pela ancoragem do painel com o sistema de montantes e travessas. Fabricadas em aço inoxidável, são parafusadas tanto nos montantes quanto nos painéis, da forma que haja um encaixe do tipo macho-fêmea onde o próprio peso do painel garante a fixação |
| E  | Borracha                   | A borracha de vedação é utilizada nos montantes e nas travessas, tem a função de garantir a estanqueidade e o contato entre as diferentes peças. A união de todos os componentes listados compõe o sistema de fachada cortina                                                 |

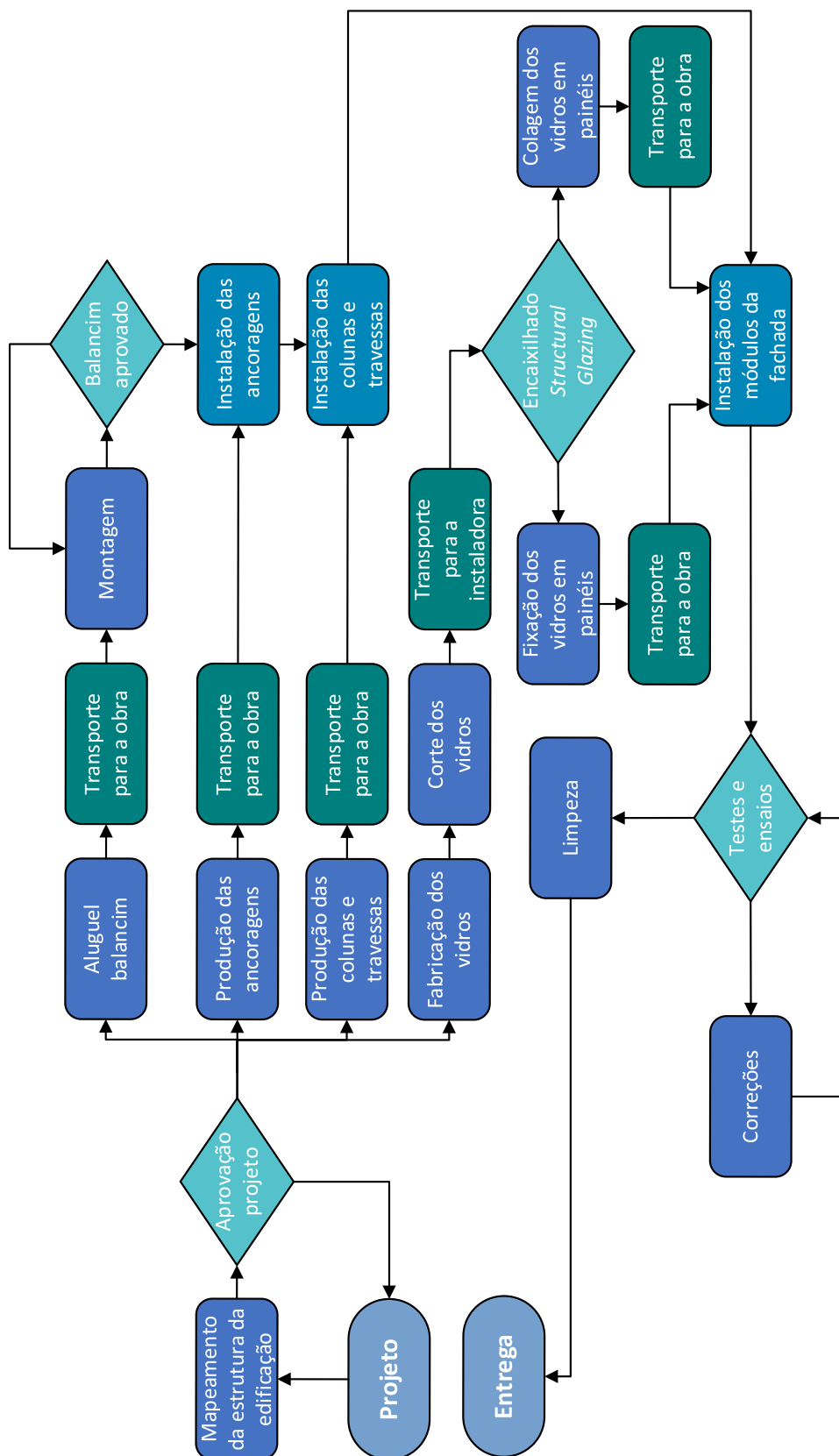
Fonte: Adaptado de Manegatti, 2019, p.63.

Figura 35 – Componentes.



Fonte: Adaptado de Manegatti, 2019, p. 63.

Por fim, tem-se o fluxo de execução da fachada *stick* sugerido por Manegatti (2019).

Fluxograma 2 – Execução simplificado da fachada *stick*.

Fonte: Adaptado de Manegatti, 2019, p. 79.

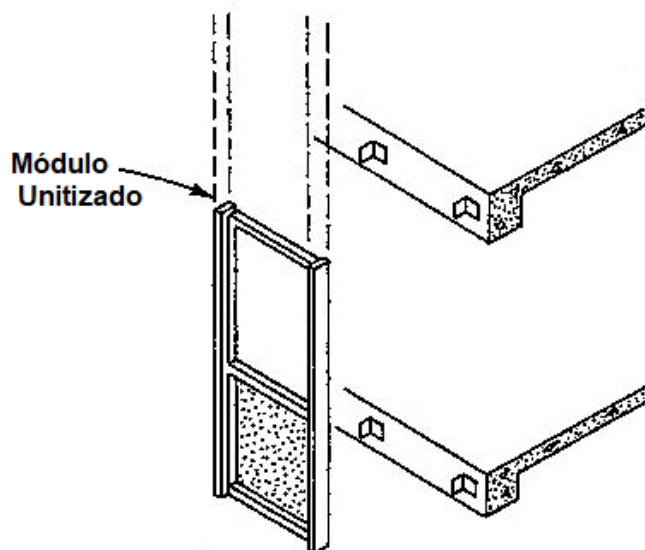
### 3.6.4 Processo de execução fachada unitizada

De acordo com Tigre (2016, p. 19), as fachadas unitizadas são:

Um sistema de fachadas modulares compostas por painéis formados por perfis de alumínio tipo macho e fêmea, montantes, travessas, arremates, componentes de acionamento e de fixação e vidros laminados, colados com silicone estrutural ou fita dupla face na própria estrutura da esquadria. (TIGRE, 2016, p. 19).

As fachadas unitizadas são especialmente adequadas para projetos que requerem uma grande área envidraçada porque utilizam um método de produção mais industrializado. O principal componente dessas fachadas é o módulo unitizado, que consiste em travessas, colunas e vidros, os quais chegam à obra como uma única peça prontos para instalação. A Figura 36 ilustra, de forma simplificada, o procedimento de instalação de uma fachada unitizada.

Figura 36 – Modelo sistema unitizado



Fonte: Manegatti, 2019, p. 22.

O sistema unitizado, por sua natureza modular e caráter industrializado, proporciona uma dinâmica diferenciada nas atividades realizadas no canteiro de obras. Geralmente, não é necessário o uso de balancins, uma vez que as ancoragens são instaladas na estrutura de concreto, enquanto os painéis são fabricados nas

instalações da empreiteira. A Figura 37 demonstra um encontro da ancoragem na laje junto a um painel.

Figura 37 – Ancoragem de sistema unitizado.



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Quando os painéis chegam ao local da obra, são içados e distribuídos nos diferentes pavimentos, seguindo uma ordem de instalação pré-determinada, como exemplificado na Figura 38.

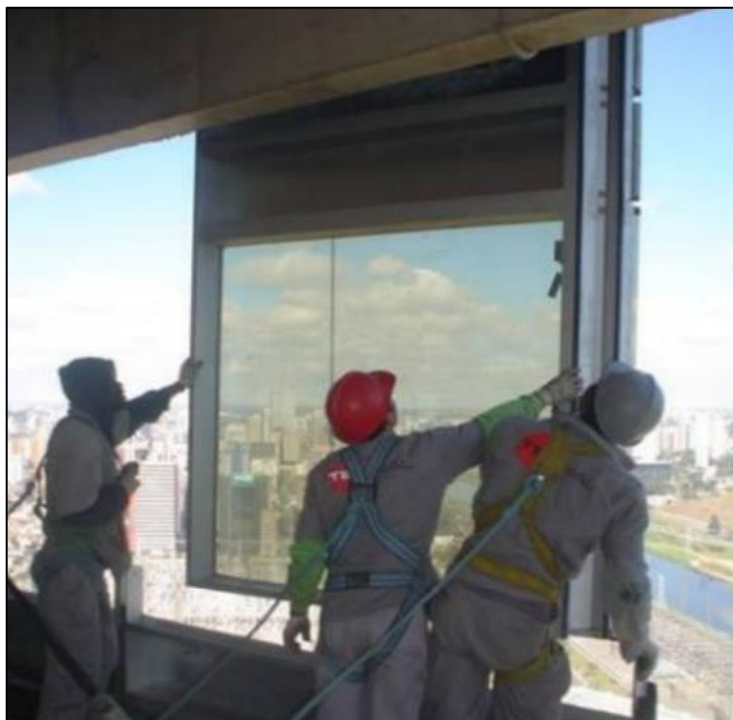
Figura 38 – Módulos unitizados para serem instalados no pavimento.



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Para auxiliar nesse processo, é comum utilizar um mini guindaste de esteira, que possibilita a instalação dos módulos à medida que a estrutura de concreto avança. A Figura 39 ilustra um exemplo de instalação de um módulo no local da obra.

Figura 39 – Instalação de modulo unitizado.



Fonte: Vedovello, 2012, p. 70.

Para garantir a integridade dos módulos, que geralmente possuem grandes dimensões e peso considerável, é essencial adotar uma logística cuidadosa. De acordo com Arruda (2010), é comum que esses módulos sejam transportados horizontalmente com maior frequência. Com o objetivo de reduzir o risco de danos aos vidros durante o transporte, as empresas desenvolveram um rack especialmente projetado para essa finalidade, como ilustrado na Figura 40. Essa abordagem específica visa garantir a segurança e preservação da estrutura durante o transporte.

Figura 40 – Rack metálico para transporte dos módulos unitizados.



Fonte: Vedovello, 2012, p. 70.

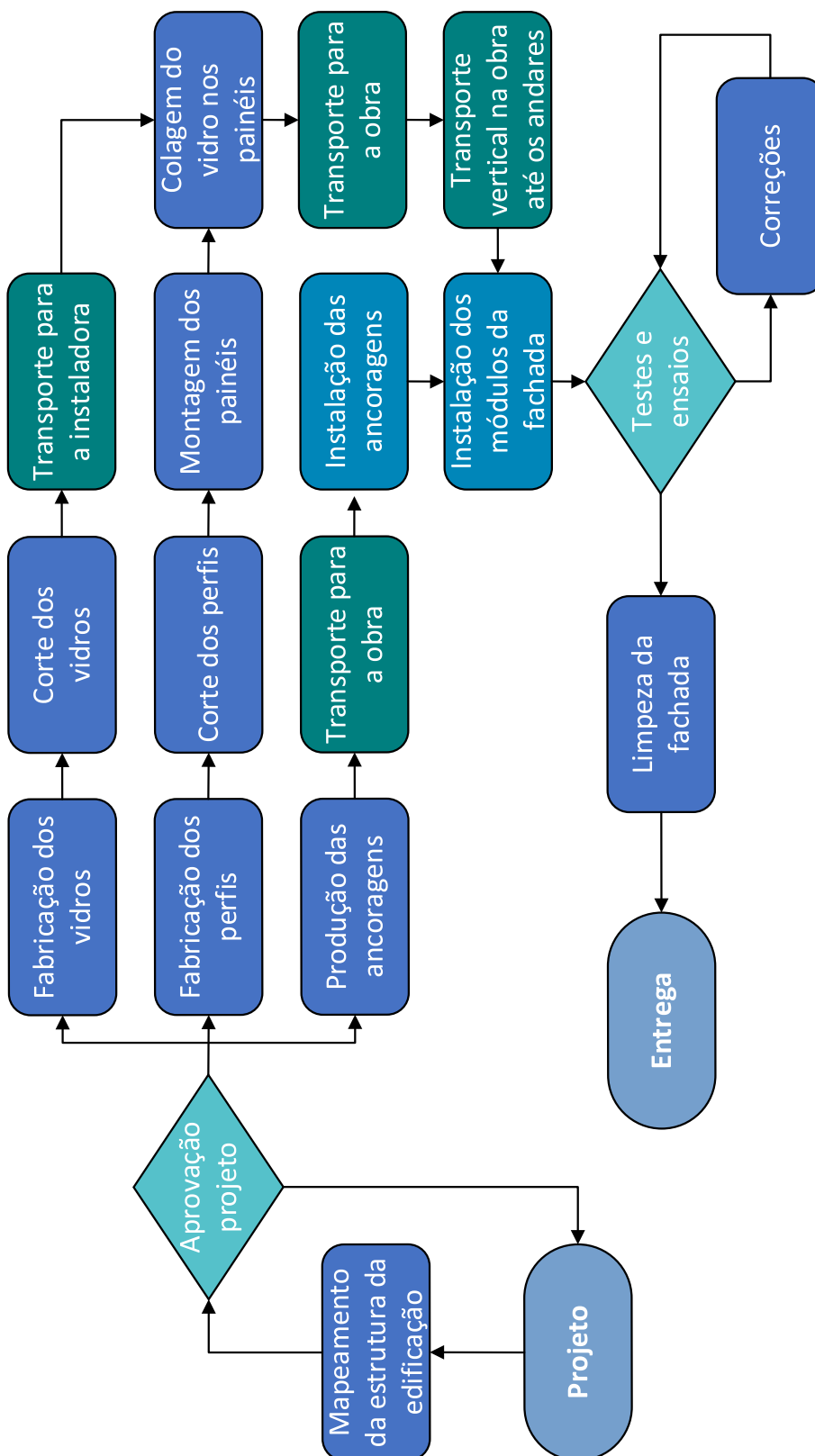
Apesar das várias vantagens oferecidas pelo sistema unitizado em termos de montagem de qualidade e aumento da velocidade de fechamento vertical, é necessário ter uma abordagem mais cuidadosa em relação ao desempenho e à durabilidade após a instalação, devido à existência de três juntas entre os módulos. Portanto, é crucial que a fábrica conte com montadores experientes e bem treinados, a fim de garantir que as juntas sejam preenchidas adequadamente, resultando em um sistema satisfatório. Assim, pode-se afirmar que o projeto das juntas é fundamental para o sucesso funcional de uma parede de cortina. Por outro lado, Arruda (2010) esclarece que o sistema como um todo é à prova de vazamentos, ou seja, caso ocorra algum problema ou vazamento, este será localizado no painel específico, facilitando sua substituição, sem afetar o conjunto como um todo.

A execução de uma fachada unitizada segue um fluxo bem definido, como demonstrado no fluxograma 3, garantindo uma instalação eficiente e precisa. Inicialmente, ocorre o planejamento e projeto da fachada, considerando as especificações técnicas e estéticas do projeto arquitetônico. Em seguida, inicia-se a fabricação dos módulos unitizados na fábrica da empreiteira, onde são produzidos de acordo com as dimensões e características definidas. Após a fabricação, os módulos são transportados para o canteiro de obras, onde são organizados e preparados para a instalação. O próximo passo envolve o içamento dos módulos por meio de um

guindaste adequado, seguido pela distribuição e encaixe dos módulos nos pavimentos, conforme a ordem estabelecida no projeto.

Por fim, é realizada a fixação dos módulos à estrutura da edificação, garantindo a estabilidade e segurança da fachada unitizada. Esse fluxograma de execução assegura um processo organizado e controlado, resultando em uma fachada de alta qualidade estética e desempenho funcional.

Fluxograma 3 – Montagem da fachada unitizada.



Fonte: Adaptado de Manegatti, 2019, p79.

### 3.7 Indicadores de Desempenho

Segundo Araújo (2018), um dos aspectos mais relevantes para a escolha do tipo de fachada é o efeito estético que ela irá produzir, porém, é preciso levar em consideração outros aspectos que influenciam diretamente no bom desempenho da fachada no Brasil: diferentes cargas e peso próprio, força do vento, iluminação natural e ventilação, infiltração de ar, estanqueidade à água, deflexão, desempenho térmico e manutenção adequada.

#### 3.7.1 Cargas e peso próprio

A fachada deve ser projetada levando em consideração as cargas às quais ela estará sujeita, devendo transferi-las à estrutura através do sistema de ancoragem que a fixa na edificação. Outro aspecto importante é o peso próprio, no caso das fachadas, composto pelo peso das colunas, travessas, ancoragens e outros elementos estruturais da fachada, do material de enchimento, além de *brises* e outros materiais presos à fachada (ARAÚJO, 2018).

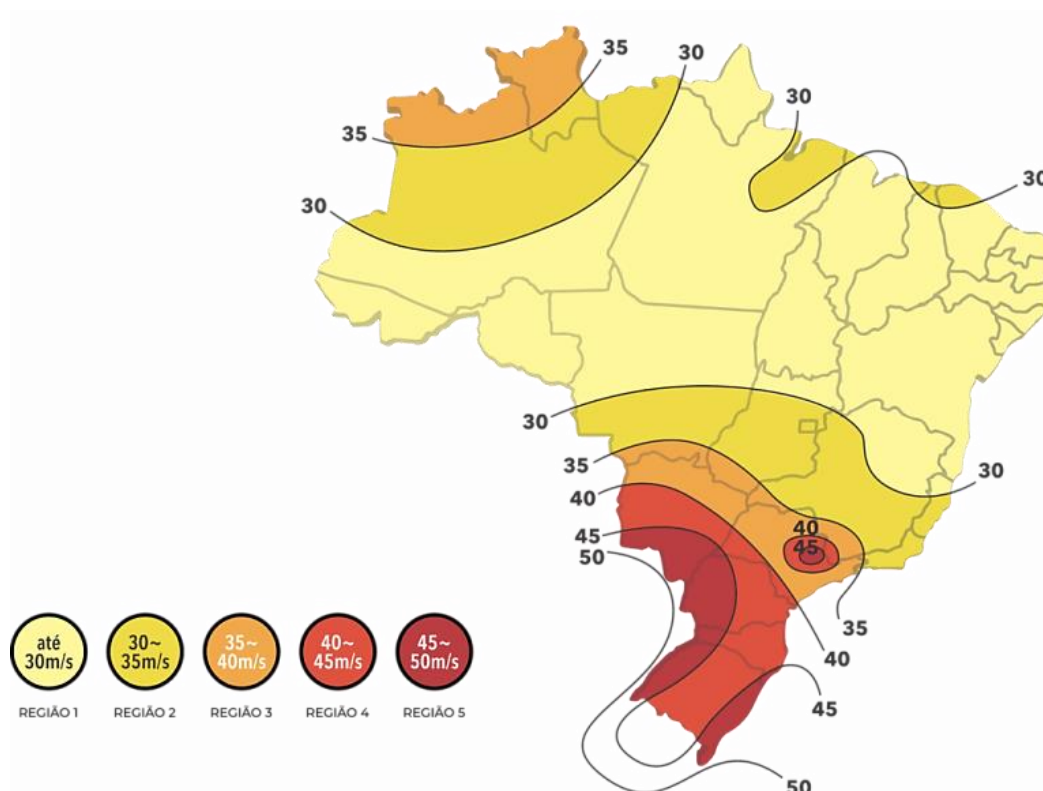
Além das cargas citadas anteriormente, há também cargas de dilatação, sendo resultadas do movimento de expansão e contração que os painéis da fachada podem sofrer. Tal efeito ocorre por conta de o alumínio possuir um coeficiente de dilatação térmico relativamente alto. Pode acontecer de, em alguns andares do prédio, a fachada se expandir ou se contrair em relação ao seu comprimento, variando de acordo com a temperatura. Essa dilatação é absorvida pela estrutura formada pelos montantes verticais e pelas travessas horizontais.

#### 3.7.2 Força do vento

A força do vento atuante sobre a fachada acaba se convertendo numa carga atuante. É uma força normal que atua sobre a edificação como resultado do vento soprando. A fachada resiste à pressão que o vento exerce, sendo a responsável por envolver e proteger a edificação da ação dela. No Brasil, por possuir dimensões continentais, a carga varia de acordo com a região, sendo comum serem realizados testes de túnel do vento para edificações muito grandes ou que possuem formas que fogem do convencional. A Figura 41 e a tabela 14 demonstra o Mapa de Isopletas do

Brasil encontrado na NBR 6123: 1988, ilustrando os vários tipos e forças dos ventos no território nacional.

Figura 41 – Mapa de Isopletas do Brasil, conforme NBR 6123: 2019.



Fonte: Metal Light Solar: site, 2023.

Tabela 14 – Tabela de Isopletas, conforme NBR 6123: 2019.

| Região | Velocidade |      | Pressão |      |
|--------|------------|------|---------|------|
|        | m/s        | km/h | kg/m²   | PA   |
| 1      | 30         | 108  | 77      | 756  |
| 2      | 35         | 126  | 105     | 1030 |
| 3      | 40         | 144  | 137     | 1345 |
| 4      | 45         | 162  | 173     | 1698 |
| 5      | 50         | 180  | 214     | 2100 |

Fonte: Adaptado de Araújo, 2018.

Além da região onde a edificação se encontra, outros pontos importantes a serem observados são a forma geométrica da edificação e o seu entorno. Quando a

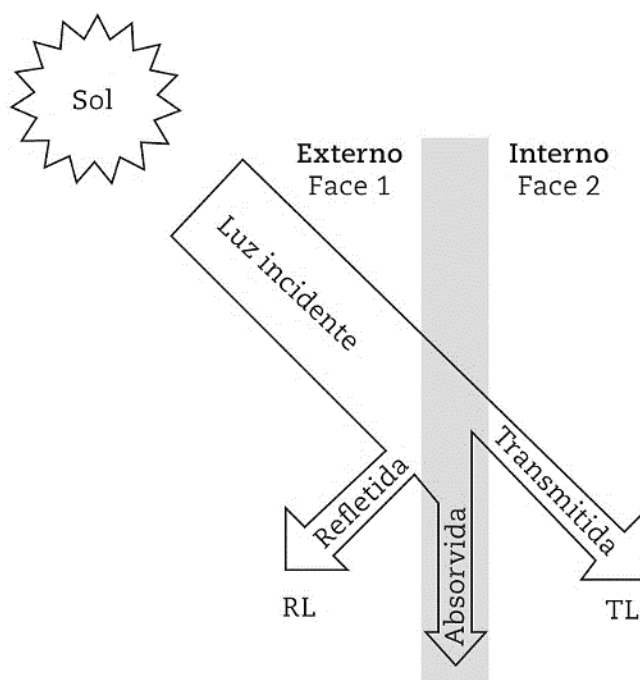
forma da edificação é muito distinta do convencional, ou o incorporador exigir, é possível que sejam realizados ensaios de protótipo, apesar da norma não exigir, desde que haja profissionais que garantam a eficiência da solução (PETRUCCI, 2023).

### 3.7.3 Iluminação natural e ventilação

O uso de fachadas em pele de vidro se tornou tendência no mundo, sobretudo em empreendimentos comerciais, seja por apelo estético ou por eficiência energética, as fachadas envidraçadas ganharam destaque (ARAUJO, 2018). Da mesma forma que grandes esquadrias permitem uma maior entrada de luz natural no interior do ambiente, as fachadas em pele de vidro permitem enormes áreas de iluminação natural, tendo um maior aproveitamento da luz do dia e com possibilidade de aproveitamento de ventilação natural.

Quando a luz incide na superfície do vidro, parte dessa energia é transmitida por meio dela, outra parcela é absorvida e outra é refletida, conforme ilustrado na Figura 42. Segundo Westphal (2022), soma dessas três parcelas — transmissão de calor, reflexão e absorção — sempre será igual a 1,0, de modo que, sempre que procurado aumentar uma dessas características no vidro, as outras serão afetadas. Um exemplo é o vidro colorido, que tentem a ter uma taxa de absorção luminosa mais alta e uma transmissão luminosa mais baixa que o vidro incolor.

Figura 42 – Comportamento da radiação solar sobre o vidro.



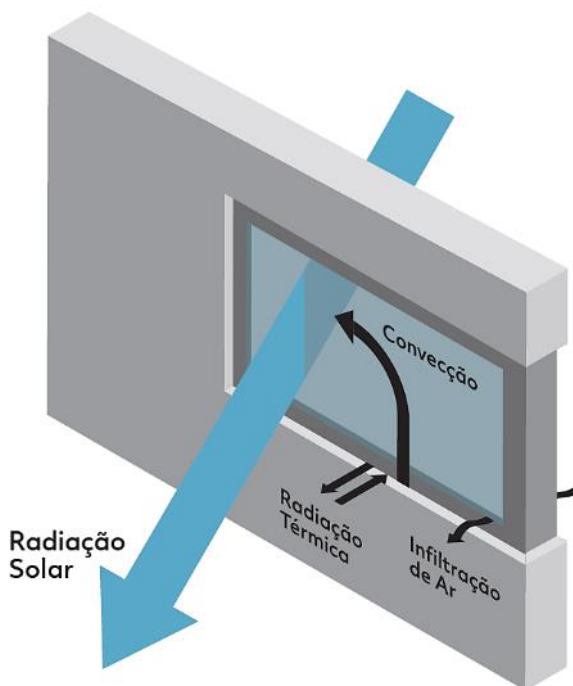
Fonte: Westphal, 2022, p.54.

#### 3.7.4 Desempenho térmico

A transferência de calor através de um vidro pode ser dividida em duas partes: a primeira parcela diz respeito ao ganho de calor por radiação solar e a segunda parcela, por troca de calor por condução no vidro devido à diferença de temperatura entre os ambientes internos e o ambiente externo. Além disso, alumínio possui um alto coeficiente de transferência de calor, sendo considerado um excelente condutor térmico (ARAUJO, 2018).

Portanto, numa esquadria, a transferência de calor pode ocorrer por quatro fontes ou formas distintas: radiação solar, radiação térmica, convecção e infiltração de ar, conforme representado na Figura 43.

Figura 43 – Formas de transferência de calor numa esquadria.



Fonte: Westphal, 2020, p. 49

Os vidros são transparentes à radiação solar, que corresponde às ondas curtas. Porém, são opacos às ondas longas. Ondas curtas só são emitidas por corpos em temperaturas extremamente elevadas, como o sol. Todos os demais corpos na superfície terrestre emitem ondas largas quando aquecidos. Isso significa que, ao receber radiação solar, a superfície envidraçada permite a passagem de radiação em ondas curtas, aquecendo os materiais que se encontram no interior da edificação. Ao aquecer, os materiais serão gradualmente aquecidos, passando a emitir calor por radiação em ondas longas. Os vidros, por serem opacos às ondas longas, tendem a barrar o calor, confinando-o no interior da edificação e assim produzindo um efeito estufa. (WESTPHAL, 2020).

Tal efeito pode causar sérios problemas relacionados ao desconforto dos ocupantes da edificação, além de acarretar custos mais elevados no consumo de energia elétrica para o condicionamento de ar. Westphal (2022) recomenda, tanto para o conforto óptico quanto para o térmico, que seja realizada uma simulação energética computacional utilizando as propriedades do vidro já processado para se obter uma análise detalhada das condições de conforto e consumo de energia em climatização para se chegar a uma fachada com o desempenho adequado.

### 3.7.5 Infiltração de ar

O ar pode passar através da fachada do lado de fora para o lado de dentro do prédio. Pode se infiltrar por frestas na fachada por diversos motivos: perfis mal desenhados, defeito de fabricação, guarnições não adequadas ou mal instaladas, desgaste natural das peças e falta de manutenção (ARAUJO, 2018).

### 3.7.6 Estanqueidade à água

A ABNT NBR 10821: 2017 não possui nenhuma tolerância de água controlada ou limites de infiltração no interior das peças. Araújo (2018, p.52) define infiltração como a “[...] água que passa além do plano vertical mais interno da folha da fachada”. Testes de estanqueidade à água devem ser realizados a fim de garantir o bom desempenho da fachada nesse aspecto. A ABNT NBR 10821: 2017 define os critérios para que os testes de qualidade sejam executados.

Segundo Petrucci (comunicação verbal, 2023), a falta de estanqueidade à água é um dos pontos mais comuns para a ocorrência de manifestações patológicas.

### 3.7.7 Deflexão

O alumínio possui um módulo de elasticidade quase 3 vezes maior que o módulo de elasticidade do aço, isto é, possui uma possibilidade 3 vezes maior de empenar (ARAUJO, 2018). No Brasil, os ensaios são realizados com todas as peças que irão compor a esquadria. Nas normas internacionais (AAMA) definem limites de deflexão aceitáveis com base na área, peso, posição do elemento, altura total do painel e envergadura relativa.

### 3.7.8 Manutenção

É fundamental que as fachadas sejam inspecionadas periodicamente, para garantir sua integridade com relação à vedação, fixação dos elementos, funcionamento dos dispositivos de acionamento e prevenir contra indícios de trincas ou infiltrações (ARAUJO, 2018).

A limpeza também é um aspecto relevante na manutenção das fachadas. No mercado, existem diversas empresas especializadas nesse tipo de serviço, sendo um

cuidado necessário para preservar a integridade das superfícies envidraçadas ao remover sujeiras e possíveis agentes que podem atacar a fachada.

A AFEAL (2018) — Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio — possui recomendações para a limpeza de elementos de fachadas e fachadas-cortinas em si: de forma geral, utilizar detergente neutro a 5% diluído em água, devendo ser seguida de enxague com água limpa; deve-se evitar a limpeza sob alta incidência do sol, uma vez que o processo de secagem pode ser demasiadamente acelerado, resultando em manchas ou resíduos nos painéis que, uma vez manchados, não podem ser recuperados; e sempre procurar profissionais qualificados que atestem a sua experiência nesse tipo de serviço.

A Perfil Alumínio do Brasil (2020) em seu manual de uso, recomenda a limpeza da fachada seguindo os critérios relacionados na tabela 15.

Tabela 15 – Frequência de limpeza recomendada de acordo com o fator ambiental.

| <b>Frequência da Limpeza</b>    | <b>Ambiente</b>             | <b>Fator Ambiental</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A cada 15 dias                  | Marítima                    | Maresia intensa e constante, radiação solar intensa, elevada umidade, acúmulo de salinidade e cristais de sal com ação abrasiva.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Mensal                          | Litorânea                   | Salinidade/maresia, cristais de sal gerando abração e ações mecânicas com a presença de ventos, radiação solar.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Trimestral                      | Industrial                  | Gases, névoa e fumos químicos, resíduos de combustão, óleos, entre outros.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Trimestral                      | Urbana poluída              | Gases de combustão, chuva ácida, fuligem e pó de combustão, poeira, pó de minério, entre outras.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Semestral                       | Urbana                      | Poeira                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Anual                           | Rural/Campo/<br>Semiurbanas | Poeira                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Procedimento Recomendado</b> |                             | <p>Esquadrias de alumínio como janelas, guarda-corpos e fachadas, de qualquer tipo ou modelo, em qualquer caso, devem ser limpas com utilização de pano ou esponja macia, água e detergente neutro, sabão neutro ou xampu automotivo neutro, diluído a 5% em solução.</p> <p>No caso de edifícios e construções com grandes áreas envidraçadas e necessidades de limpezas externas, a limpeza somente deve ser executada por empresa especializada com equipe de profissionais qualificados.</p> |

Fonte: Perfil Alumínio do Brasil, 2020.

## 4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

### 4.1 Conceituação

O entendimento dos processos patológicos é essencial para profissionais da área da construção civil, a fim de garantir a segurança estrutural, a funcionalidade e a estética das fachadas de pele de vidro, assim como qualquer outra área da construção civil. De acordo com a ABNT NBR 16747: 2020 – Inspeção predial — Diretrizes, conceitos e terminologia do procedimento, no item 3.17 a conceituação de manifestação patológicas é a seguinte:

Ocorrência resultante de um mecanismo de degradação. Sinais ou sintomas decorrentes da existência de mecanismos ou processos de degradação de materiais, componentes ou sistemas, que contribuem ou atuam no sentido de reduzir seu desempenho. (ABNT NBR 16747: 2020, p.3).

A norma, conhecida como norma de desempenho em edificações ABNT NBR 15575-1: 2021, no item 3.83 diz que “[...] é uma irregularidade que se manifesta no produto em função de falhas nos projetos, na fabricação, na instalação, na execução, na montagem no uso ou na manutenção, bem como problemas que não decorram do envelhecimento natural”.

Alguns exemplos de patologias na construção civil incluem fissuras e trincas em paredes e pisos, infiltrações de água e deterioração de materiais. As patologias podem surgir devido a três fatores distintos ou até mesmo pela combinação deles. Esses fatores são conhecidos como projeto, execução e manutenção. (SOUZA FILHO *et al.*, 2019)

Quando um projeto é realizado sem um planejamento adequado, é comum que diversas decisões sejam tomadas durante a execução da obra ou até mesmo ignoradas. Isso pode resultar em prejuízos financeiros, má qualidade da construção e uma série de outros problemas que podem causar grandes transtornos tanto para construtoras quanto para os futuros habitantes dos habitantes. É essencial investir tempo e esforço na fase de planejamento para evitar essas complicações e garantir um resultado satisfatório. (ZUCHETTI, 2015).

## 4.2 Manifestações patológicas em fachadas-cortina

Com o passar do tempo, as fachadas dos edifícios podem acarretar despesas extras devido ao surgimento de danos, muitas vezes decorrentes de falhas no projeto, utilização de materiais de baixa qualidade, técnicas inadequadas durante a construção e falhas durante a gestão da obra. De acordo com Yazigi (2003), é fundamental atenção na escolha correta dos materiais na hora da compra, solicitando ao fabricante certificados e laudos que atestem que o produto está de acordo com as normas vigentes. Além disso, a falta de manutenção preventiva e corretiva pode agravar essas falhas, resultando em uma diminuição no desempenho do empreendimento (CARVALHO, 2014).

Também é importante considerar o desgaste natural causado pelo tempo e uso, bem como as influências das condições ambientais, que podem contribuir para a deterioração gradual das estruturas (ARRUDA, 2010).

Investir em um planejamento adequado, utilizar materiais de qualidade e adotar práticas construtivas corretas são medidas essenciais para minimizar a ocorrência desses problemas e garantir a durabilidade e integridade das fachadas com pele de vidro ao longo do tempo.

A degradação de uma fachada com pele de vidro, tem um grande impacto financeiro, pois costumam estar entre os cinco primeiros itens mais caro em um orçamento de construção de edifício (CARDOSO, 2022) e ter este item degradado, significa prejuízo aos proprietários, que devem custear obras de *retrofit* que, segundo ABNT NBR 15575 item 3.91, é a remodelação ou atualização de sistemas, através de incorporação de novas tecnologias e conceitos, normalmente visando à valorização do imóvel, com aumento da vida útil e eficiência operacional e energética.

Segundo a ASTM E632 (1996) os principais agentes de degradação em fachadas de maneira geral são estabelecidos conforme tabela 16.

Tabela 16 – Principais agentes de degradação em fachadas.

| Procedência             | Classe                                    |
|-------------------------|-------------------------------------------|
| Fatores climáticos      | Radiação                                  |
|                         | Temperatura                               |
|                         | Água                                      |
|                         | Contaminantes do ar                       |
|                         | Gelo, degelo                              |
|                         | Vento                                     |
| Fatores biológicos      | Micro-organismos                          |
|                         | Fungos                                    |
|                         | Bactérias                                 |
| Fatores de carregamento | Carregamentos periódicos e/ou permanentes |
| Incompatibilidades      | Físicas                                   |
|                         | Químicas                                  |
| Fatores de uso          | Projeto                                   |
|                         | Instalação                                |
|                         | Degaste natural ou por uso                |
|                         | Falta de manutenção                       |

Fonte: Santos, 2018, p. 30.

Segundo Potiguara (2017), as principais manifestações patológicas encontradas em fachadas cortina, de forma geral, são decorrentes de falhas durante a etapa de instalação do sistema, seja durante a execução do serviço propriamente dito, ou proveniente das intersecções com outras interfaces de obra — outros serviços, por exemplo, execução de alvenaria, que pode estar sendo executado ao mesmo tempo em que a fachada está sendo instalada. Em sua experiência, Petrucci (comunicação verbal, 2023) afirma que as principais manifestações patológicas se enquadram nos fatores de uso, que serão abordadas a seguir.

#### 4.2.1 Incompatibilidades físicas e químicas — Irisação

Uma das reações mais importantes que o vidro sofre é com a água. Essa reação em meio aquoso provoca uma das mais notáveis manifestações patológicas relacionadas ao vidro, a irisação (NAVARRO, 1991).

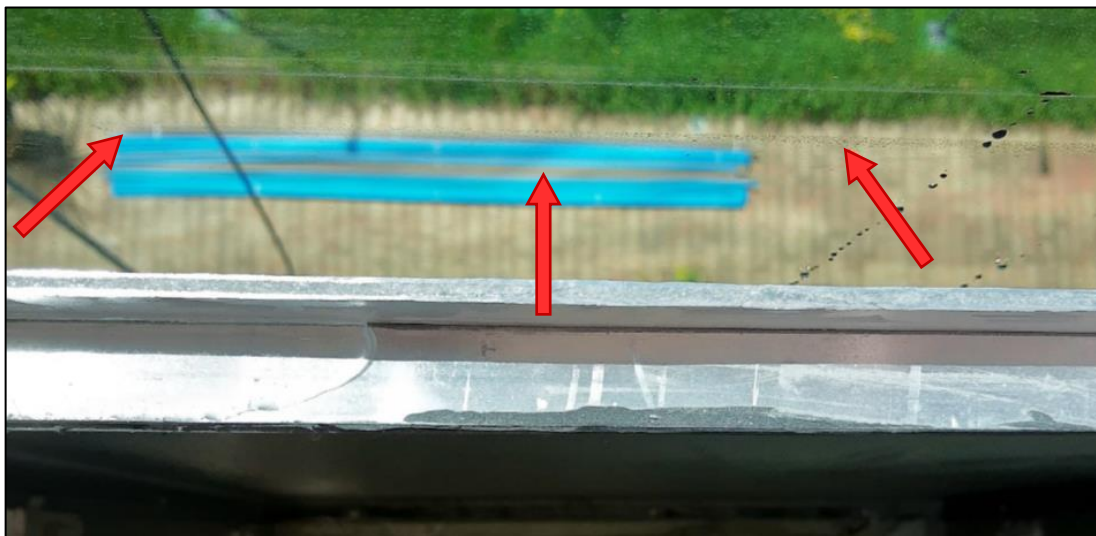
Segundo Silva (2017), a irisação — também conhecida como corrosão aquosa — é um fenômeno de corrosão na superfície do vidro semelhante a um efeito arco-íris onde a cor muda conforme o ângulo em que observamos o vidro.

Como dito anteriormente, todo vidro é composto por sílica ( $\text{SiO}_2$ ), formador da rede estrutural do vidro. Os demais componentes são óxidos de sódio  $\text{Na}_2\text{O}$ , de potássio  $\text{K}_2\text{O}$ , de cálcio  $\text{CaO}$ , de magnésio  $\text{MgO}$ , de alumínio  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , elementos minoritários e impurezas. Segundo relatório da GlassecViracon (2020), quando um vidro entra em contato com uma solução aquosa, mudanças químicas e estruturais ocorrem em sua superfície e por conta disso, o acúmulo dos produtos de corrosão promove mudança na composição química e aumenta o pH da solução. O vidro não resiste a pH elevados, levando à dissolução da rede de sílica que o estrutura.

Esse fenômeno é comum em vidros antigos e/ou sujeitos à ação do tempo, sendo provocada por interferência óptica — luz refletida através de várias camadas de corrosão, tendo espessuras na ordem de grandeza de comprimentos de onda de luz visível, entre 400 e 700 nm (ZANOTTO, 2002).

A Figura 44 ilustra um processo de irisação ainda no início, tendo como causa principal o acúmulo de umidade no interior do caixilho, acarretando as manchas apontadas na Figura.

Figura 44 – Manchas no vidro decorrentes do processo de irisação inicial.



Fonte: Adaptado de Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia, 2020, p. 8.

Com o agravamento do processo de irisação, a peça de vidro pode vir a perder algumas de suas características, como perda do brilho e da transmissão de luz da peça, deixando-o opaco. A Figura 45 demonstra o processo de irisação em um estágio mais avançado, com a corrosão em aspecto pegajoso na superfície do vidro.

Figura 45 – Manchas no vidro decorrentes do processo de irisação avançado.



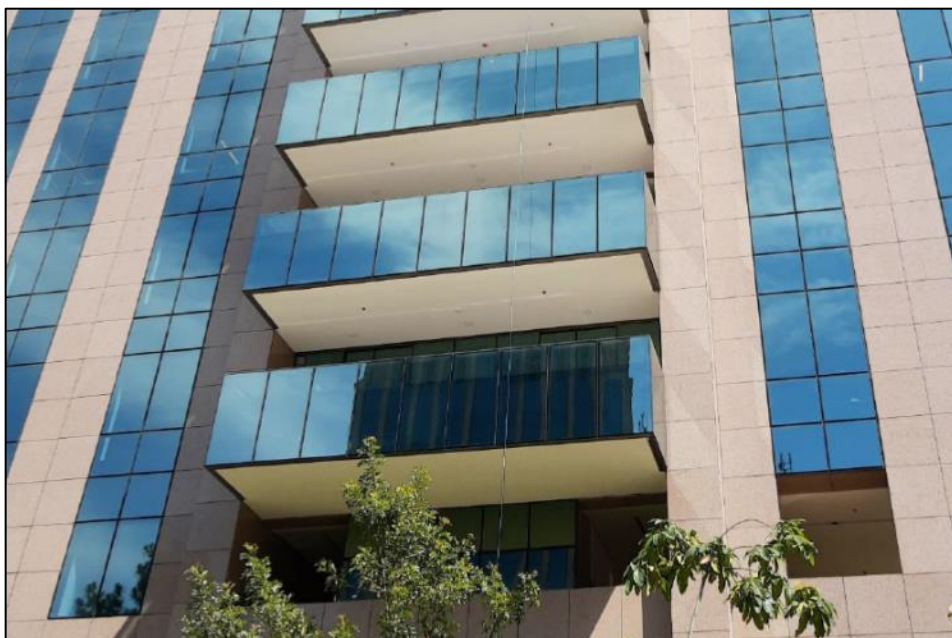
Fonte: GlassecViracon, 2020, p. 1.

Deste modo, qualquer infiltração de água/umidade que ocorra entre o vidro e o caixilho, irá se condensar devido às diferentes temperaturas, criando uma película aquosa sobre a superfície do vidro que dará início ao processo de corrosão.

#### 4.2.2 Projeto

Atualmente, é comum que empreendimentos possuam em sua fachada diferentes interfaces construtivas. O edifício *Seculum II* é um exemplo disso. Conforme evidenciado na Figura 46, sua fachada é composta por interfaces de vidro em conjunto com o granito.

Figura 46 – Vista externa da fachada do edifício *Seculum II* a partir da Rua Maria Rosa.



Fonte: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia, 2020, p. 6.

Segundo Petrucci (comunicação verbal, 2023), era comum em uma edificação como a apresentada acima que as suas diferentes interfaces fossem projetadas separadamente, levando em conta a vedação somente do elemento projetado, sem levar em consideração o todo. Essa prática pode levar a incompatibilidades não previstas em projeto, o que pode prejudicar o desempenho da fachada como um todo.

Outro fator de extrema importância, e que pode levar a problemas no desempenho das fachadas é a ausência de projeto específico ou o subdimensionamento do projeto. Em sua vivência, conforme apontado por Petrucci

(comunicação verbal, 2023), a ausência de capacitação técnica para compreender e dimensionar projetos de esquadrias podem acabar prejudicando o desempenho da fachada.

#### 4.2.3 Instalação

A infiltração de água é uma manifestação patológica proveniente da falha de vedação dos painéis, ou durante a etapa de rejuntamento, conforme ilustrado na Figura 47. Segundo Petrucci (comunicação verbal, 2023), esse tipo de manifestação patológica normalmente é percebido pelos próprios usuários das edificações.

Figura 47 – Módulo de fachada desalinhado.



Fonte: Potiguara, 2017, p. 61.

O desalinhamento dos painéis proveniente da má ancoragem, ou de sua ancoragem ter sido executada de forma incorreta, pode acarretar o desalinhamento dos demais elementos da fachada, conforme Figura 48.

Figura 48 – Módulos parcialmente soltos.



Fonte: Adaptado de Potiguara, 2017, p. 58.

O esboroamento da pintura nos caixilhos de alumínio que envolvem os vidros, devido à falta de proteção das superfícies de alumínio durante a instalação, como ilustrado na Figura 49, onde foi deixado resquícios de argamassa na superfície.

Figura 49 – Resquícios de argamassa na superfície do caixilho.



Fonte: Adaptado de Potiguara, 2017, p. 62.

Destacam-se ainda o comprometimento dos painéis de vidro, devido à quebra e empena de perfis, e a instalação de painéis de vidros já comprometidos antes de sua instalação (POTIGUARA, 2017).

A Figura 50 exemplifica um caso de quebra dos painéis de vidro devido ao contato direto entre o perfil envidraçado e o parafuso de fixação, ocasionando a trinca do vidro.

Figura 50 – Vidro fissurado devido ao contato direto do perfil de vidro com o parafuso de fixação.



Fonte: Adaptado de ABRAVIDRO: site, 2020.

O vidro pode sofrer trincas e pequenas fissurações em suas bordas, o ponto mais frágil da peça. Mesmo que a região sofra um impacto mínimo, tal fato poderá ocasionar danos futuros, como trincas e lascas, o que pode acabar por potencializar uma possibilidade de quebra, ainda que não ocorra de forma imediata (ABRAVIDRO apud PETRUCCI JÚNIOR, 2020).

A Figura 51 demonstra um processo de formação de micro trincas, causadas pelo corte da peça sem ferramenta adequada e em campo, quando deveria ser cortada na fábrica, seguindo a norma.

Figura 51 – Formação de micro trincas no perfil de vidro devido ao corte da peça sem ferramenta adequada.



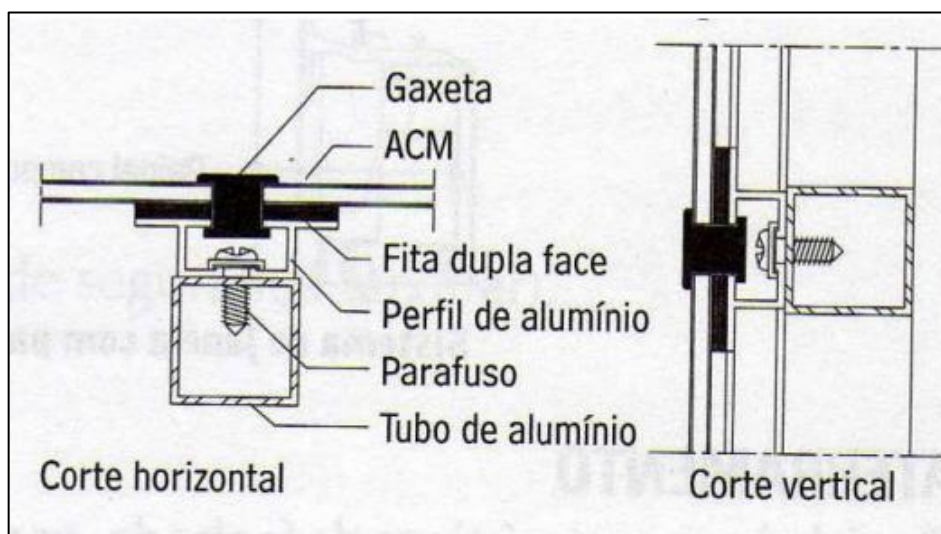
Fonte: Adaptado de ABRAVIDRO: site, 2020.

Todas as manifestações aqui apresentadas possuem como causa raiz problemas relacionados à montagem. Segundo Petrucci (comunicação verbal, 2023), em sua vivência, a principal causa de manifestações patológicas é a qualidade da mão de obra ao executar a instalação, bem como o acompanhamento. Muitas vezes, a montagem da esquadria se dá por fora da edificação, com o uso de balanços e, por ser uma área de difícil acesso, detalhes referentes à essa montagem, bem como procedimentos de acompanhamento, acabam passando despercebidos, passando apenas por uma inspeção pessoal.

#### 4.2.4 Desgaste natural ou por uso

Um dos componentes mais importantes do sistema das fachadas são as gaxetas em EPDM, conforme Figura 52, formam as juntas entre os painéis de vidros e/ou outros elementos da fachada também tem a função vedação do entorno das janelas *maxim-air*.

Figura 52 – Esquema de uso das gaxetas de EPDM.



Fonte: Vedovello, 2012, p. 100.

Após um longo período de exposição, as gaxetas de EPDM, começam a apresentar sinais de desgaste, como a perda de elasticidade e o encurtamento devido a evaporação dos plastificantes que compõe o produto. Com isso a gaxeta perde a memória elástica, fica rígida e perde sua capacidade de vedação, com o encurtamento surgem frestas nos cantos que provocam a entrada de água nas folhas, ocasionando infiltração na fachada cortina (VEDOVELLO, 2012). Na Figura 53, mostra-se o desgaste nas gaxetas externas.

Figura 53 – Desgaste nas gaxetas externas.



Fonte: Própria, 2023.

Outro ponto em que as gaxetas são importantes são nas vedações nos entornos dos vãos onde existem caixilhos para abertura de entrada de ar, onde os principais utilizados em fachadas tipo *stick* e unitizado.

Na Figura 54 e 55, nota-se uma gaxeta EPDM solta no entorno de um *maxim-ar*. Essa manifestação patológica é muito observada nas edificações e afetam diretamente a estanqueidade ao ar, sonora e à água.

Figura 54 – Gaxeta solta.



Fonte: Adaptado de Consultoria EAP Alumínio & Vidro, 2023, p. 12.

Figura 55 – Gaxeta/borracha fissurada e cortada.

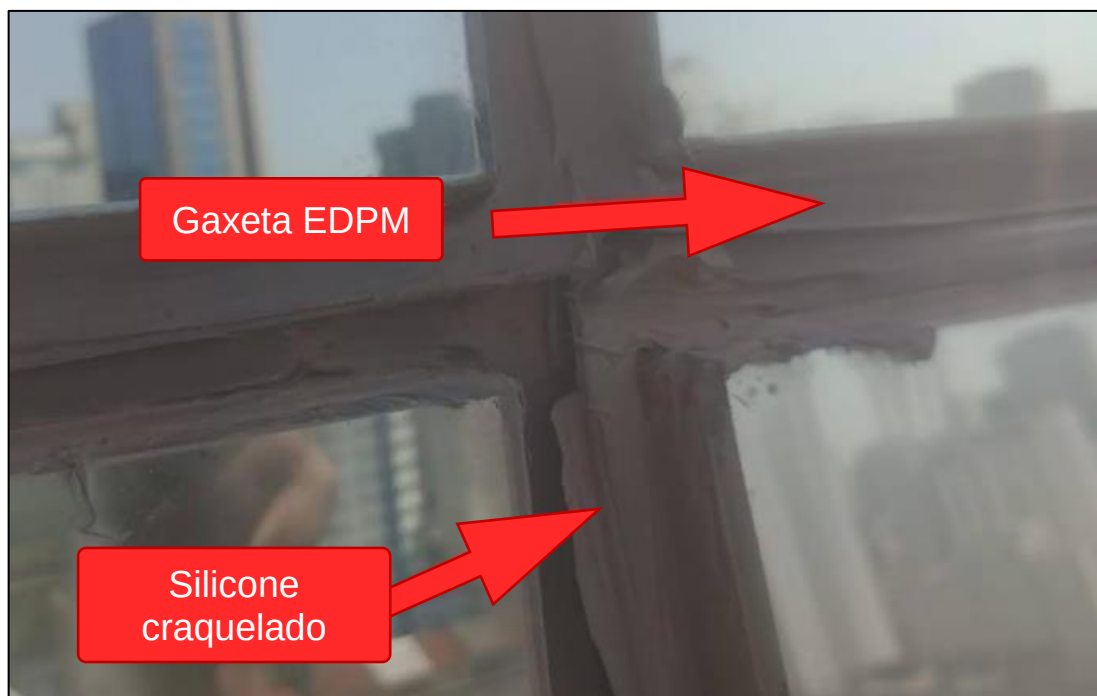


Fonte: Própria, 2023.

Em alguns casos, para tentar solucionar as infiltrações que ocorrem pela gaxeta, são aplicados silicone sobre as gaxetas de EPDM conforme mostrado na Figura 56, não sendo uma ação recomendada de manutenção, uma vez que as gaxetas de EPDM possuem óleos e plastificantes que são muito reativos com o silicone, ou seja, são material incompatíveis.

Com passar do tempo o óleo do EPDM migra para a junta de silicone, devido à capacidade reativa desses materiais, o que altera suas características químicas e suas propriedades físicas. A gaxeta fica mais rígida, em alguns casos até quebradiça, e o silicone, com o ataque de óleo vindo do EPDM, perde sua capacidade de vulcanização e aderência. (SCHUCH *et al.*, 2020).

Figura 56 – Silicone craquelado.



Fonte: Própria, 2023.

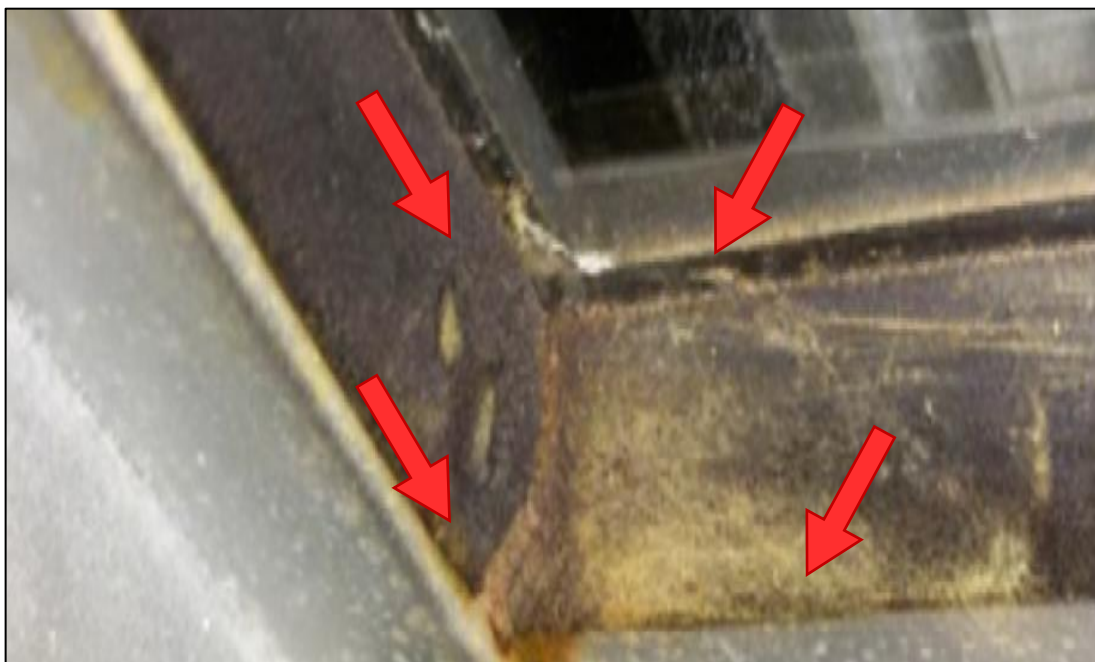
Nessa situação além da aplicação de silicone sobre a gaxeta não resolver ela acaba agravado o problema em longo prazo.

#### 4.2.5 Falta de manutenção

Como citado anteriormente, a limpeza é fundamental para a manutenção das fachadas e, uma vez que esse aspecto é negligenciado, o acúmulo de sujeira pode acarretar o surgimento de manifestações patológicas. Porém, a manutenção e limpeza não só devem ser realizadas periodicamente, como também devem ser realizadas com os materiais e produtos adequados de acordo com as especificações de cada fabricante referentes àqueles materiais utilizados.

A Figura 57 ilustra o surgimento de corrosão na esquadria devido à utilização de produtos inadequados para limpeza.

Figura 57 – Acúmulo de corrosão ocasionado pelo uso inadequado de produtos de limpeza.



Fonte: Adaptado de Perfil Alumínio do Brasil, 2020.

No estudo de caso no empreendimento proposto, essas manifestações serão abordadas de forma mais aprofundada, evidenciando suas causas-raiz, bem como as medidas corretivas e preventivas mais adequada a cada caso.

## 5 ESTUDO DE CASO

### 5.1 Objeto de estudo

Neste capítulo, será realizado um estudo de caso sobre as patologias observadas na fachada-cortina do Edifício *Seculum I*, localizado na Av. Faria Lima 3144, conforme localização mostrada na Figura 58. O projeto foi concebido pelo arquiteto Sergio Dávila e construído pela Davilar Projetos e Empreendimentos LTDA, sendo inaugurado em 2003.

O tipo de fachada utilizado no empreendimento é o de fachada-cortina com sistema *stick*, tendo interfaces com revestimento de granito.

Figura 58 – *Seculum I*, localização.



Fonte: Google maps: site, 2023.

O método *stick* de montagem, onde os painéis de vidro individuais são fixados em estruturas de suporte, cria uma aparência limpa e linear que se integra perfeitamente com o desenho geral da fachada.

Como ilustrado na Figura 59, o edifício tem uma área de fachada de aproximadamente 14.000 m<sup>2</sup> com os dois elementos, a pele de vidro e o granito no sistema americano de fixação, onde as pedras são presas através de pinos em aço inox.

Figura 59 – Edifício *Seculum I*.

Fonte: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (a), 2021, p. 3.

O Edifício *Seculum I* passou por um *retrofit* em sua fachada no ano de 2022. A seguir serão aprofundadas as medidas adotadas na fachada para a preservação e aprimoramento da sua estrutura. Ao longo dos anos desde sua construção, a fachada do Edifício *Seculum I* tem sido exposta a diversos fatores ambientais e climáticos, o que pode resultar no aparecimento de manifestações patológicas. O *retrofit* proposto neste caso teve como objetivo tratar as manifestações patológicas identificadas ao longo do tempo, reforçando a durabilidade e o desempenho da fachada.

## 5.2 Metodologia do estudo de caso

Para compreender as manifestações patológicas presentes na fachada do Edifício *Seculum I*, foi realizada uma análise por meio de visitas técnicas, inspeções visuais e coleta de dados através de relatórios técnicos elaborados por uma empresa especializada em projetos de fachadas, a Crescêncio Petrucci Engenharia. Além disso, foram consultados registros documentais, relatórios de manutenção e entrevistas com profissionais envolvidos na construção e manutenção da fachada. As

informações coletadas foram avaliadas quanto à natureza, extensão e possíveis causas das manifestações patológicas observadas.

### 5.3 Identificação e caracterização das patologias

O edifício conta com um conjunto de revestimentos em vidro e em granito. Abordando principalmente a área revestida em vidro, a cortina do edifício possui quadros com vidros laminados e colados em silicone estrutural. Neste sistema em questão, as vedações internas e externas foram feitas através de gaxetas de EPDM — Etileno Propileno Dieno Monômero, um dos tipos de borracha mais comuns, utilizada em várias aplicações dentro da construção civil.

O sistema adotado para a fachada cortina deste caso, é a linha *Cittá Due*, que conta com perfis extrudados nas ligas 6060-T5 ou 6063-T6. Além das guarnições vulcanizadas, para equilibrar as pressões internas e externas; as guarnições de encaixe frontal utilizadas possuem o objetivo de facilitar a manutenção; os acessórios contam com braços de articulação resistentes a 100 kg; os fechos duplos utilizados são providos de travas de segurança; o conjunto da estrutura comporta vidros de 6 mm para folhas encaixilhadas e 8 mm para laminados ou colados com silicone, como no caso do *Seculum I* e, por fim, o sistema conta com tripla vedação, o que garante total estanqueidade ao conjunto.

Atualmente, a linha *Cittá Due* é fornecida pela empresa Hydro Alumínio. No entanto, no período de execução do empreendimento estudado, o sistema foi fornecido pela empresa Alcoa. Apesar do procedimento detalhado de execução ser extremamente rigoroso quanto aos pontos de qualidade e segurança, a correta execução é imprescindível para o bom desempenho da estrutura. As manifestações patológicas podem surgir de maneira cada vez mais rápida quando não há o devido zelo da mão de obra, em cada etapa do processo.

O empreendimento, construído em 2003, teve sua primeira vistoria em fachada realizada em 2021, quando o sistema começou a apresentar manifestações patológicas, ficando evidente os danos internos aos ambientes do edifício. O modelo executado na fachada cortina do empreendimento tem uma previsão de vida útil de até 50 anos. No entanto, são diversos fatores que precisam ser considerados e trabalhados para contar com essa perspectiva de integridade. As manifestações patológicas começam a surgir singelamente em pontos específicos de uma fachada,

como no caso do *Seculum I* e, apesar terem sido encontrados pontos críticos, percebe-se que se demorou para haver uma intervenção em sua fachada. O grande motivador para acionar a vistoria se deu por conta da gravidade das manifestações patológicas, e o quanto elas começaram a impactar nos espaços internos do edifício, criando incômodos diários e visíveis.

A partir do momento em que o condomínio acionou a empresa de consultoria Crescêncio Petrucci Engenharia, a primeira etapa foi realizar uma vistoria no edifício com foco em sua fachada-cortina e trechos entre vãos. Essa vistoria consistiu em uma aferição técnica tanto da vista externa da fachada, quanto dos pontos internos que possuíam problemas visíveis.

Na inspeção realizada, foram identificados diversos pontos de infiltração, e cada um deles possui sua origem ligada a alguma falha da estrutura em geral da fachada.

Para início do estudo, conforme Figura 60 apresentada a seguir, o relatório de vistoria comprova a remoção de um caixilho da cortina do empreendimento, para análise e verificação profunda dos pontos vulneráveis da estrutura.

Figura 60 – Caixilho totalmente removido para inspeção.



Fonte: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p. 7.

Com a remoção do caixilho, foi possível observar alguns pontos chave para identificação de alguns problemas. O principal ponto de evidência são as regiões com marca de acúmulo de água nos pontos dos perfis do caixilho, conforme as Figuras 61, e 62, respectivamente:

Figura 61 – Mancha de acúmulo de água, caixilho removido (I).



Fonte: Adaptado de Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p.7.

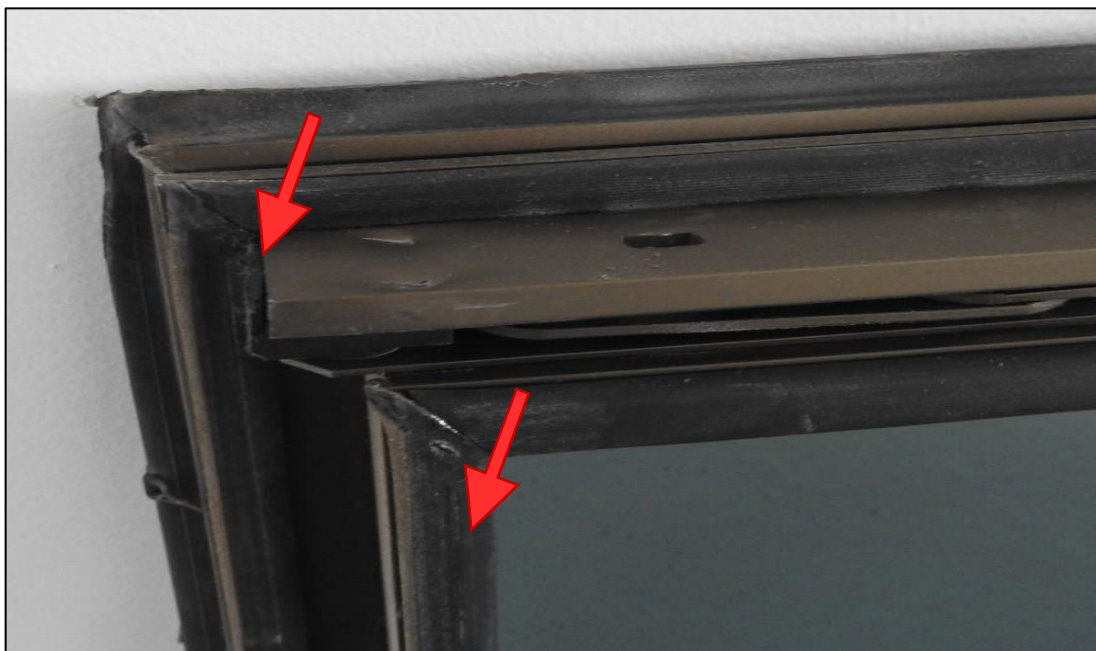
Figura 62 – Mancha de acúmulo de água, caixilho removido (II).



Fonte: Adaptado de Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p. 7.

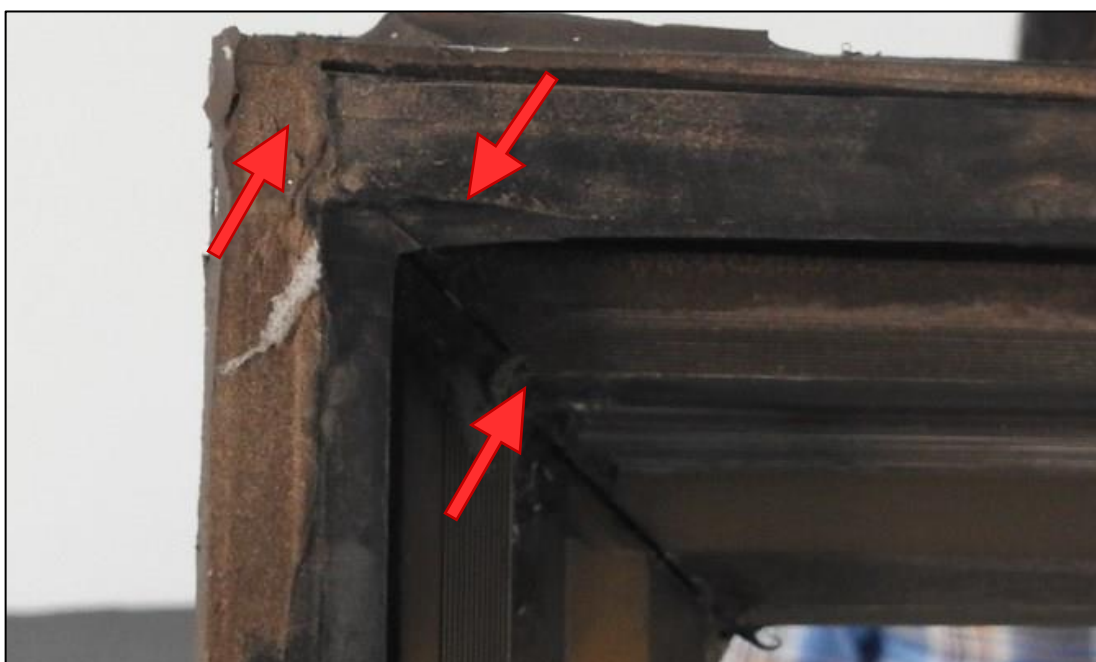
Além das regiões atingidas pelo acúmulo de água, foi possível identificar, com a remoção do caixilho, os trechos com gaxetas rompidas, conforme Figura 63 e 64 a seguir.

Figura 63 – Gaxeta Rompida (I).



Fonte: Adaptado de Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p. 8.

Figura 64 – Gaxeta Rompida (II).



Fonte: Adaptado de Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p. 8.

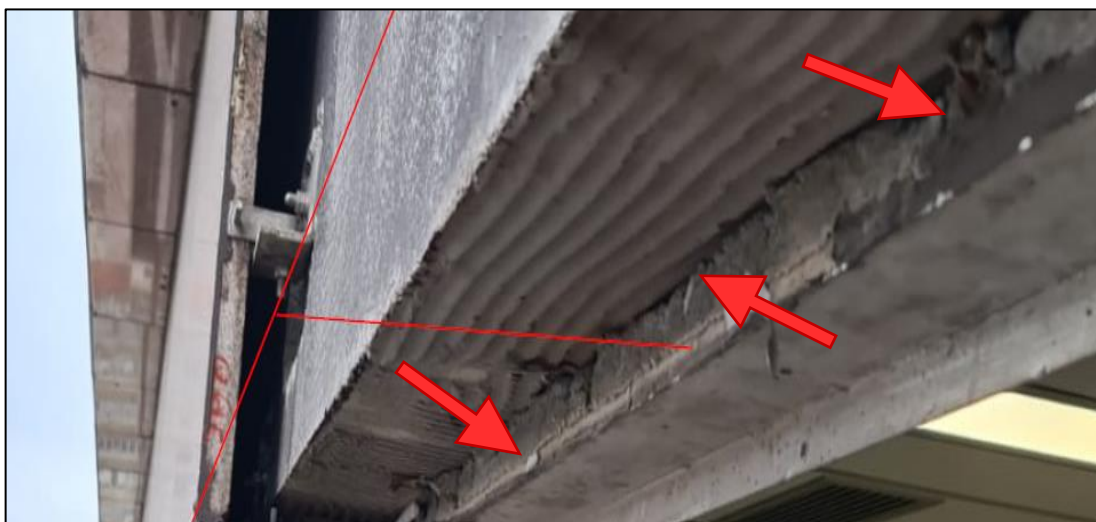
Após a remoção das placas de granito próximas aos caixilhos para inspeção, foi constatado que não foi utilizado nenhum elemento vedante entre as interfaces laje e contramarco, conforme evidenciado nas Figuras 65 e 66.

Figura 65 – Falta de elemento vedante na divisa das interfaces (I).



Fonte: Adaptado de Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p. 13.

Figura 66 – Falta de elemento vedante na divisa das interfaces (II).



Fonte: Adaptado de Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p.

Após a remoção de caixilhos próximos a interfaces vidro-granito, também foram constatadas fragilidades na fachada-cortina. A Figura 67 demonstra, com indicação das setas em vermelho, a próxima etapa inspecionada.

Figura 67 – Interface em fachada-cortina inspecionada.



Fonte: Adaptado de Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p. 16.

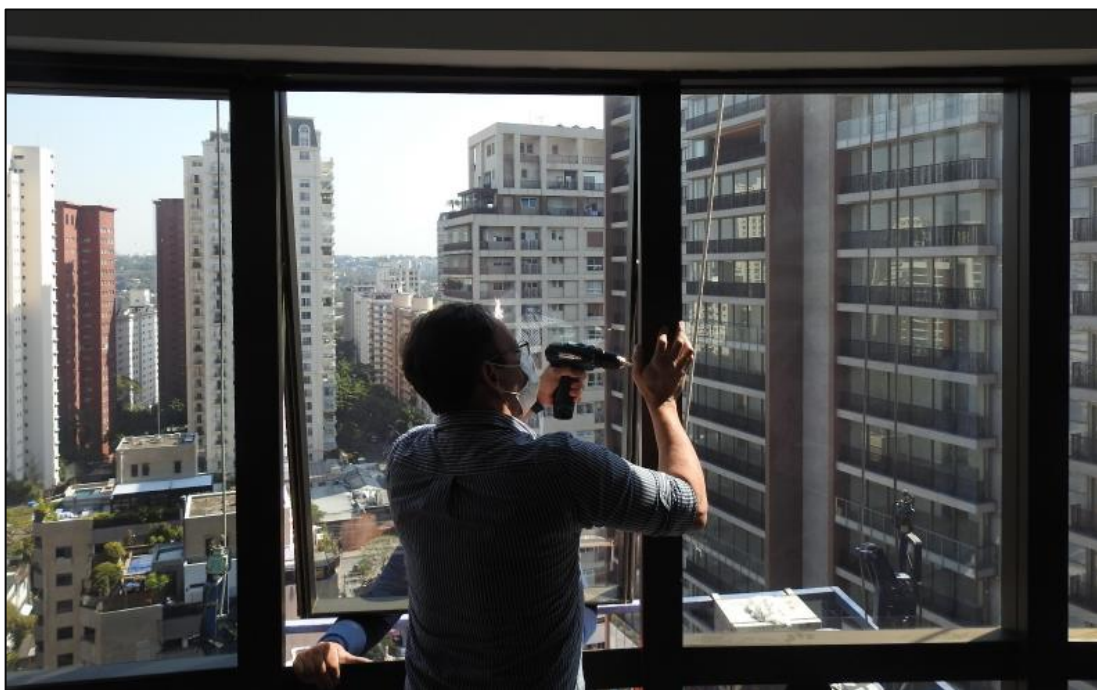
Nesta etapa, os caixilhos avariados foram desmontados para inspeção e avaliação dos problemas encontrados. As Figura 68 e 69 demonstram um caixilho tipo Maxim-ar projetante sendo desmontado para inspeção.

Figura 68 – Maxim-ar projetante sendo desmontado para avaliação (I).



Fonte: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p. 17.

Figura 69 – Maxim-ar projetante sendo desmontado para avaliação (II).



Fonte: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p. 17.

Foram encontrados problemas que ocasionaram pontos de infiltração. Como por exemplo, perfurações em pontos da estrutura de alumínio, provavelmente pontos perfurados indevidamente que não sofreram vedação adequada para conter a passagem de água, conforme Figura 70.

Figura 70 – Estrutura de alumínio do caixilho perfurado e rompido.



Fonte: Adaptado de Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p. 18.

Foi constatado durante a inspeção que esses furos foram feitos para prender cortinas no caixilho, comprometendo sua integridade física. Ainda na Figura 70, também é possível constatar o uso de fita adesiva para tentar mitigar possíveis infiltrações através do rompimento do caixilho na parte superior sustentado pela fita. Desta forma, é seguro afirmar que o caixilho perdeu sua característica de estanqueidade.

Neste projeto em especial, também foram encontrados pontos vulneráveis à infiltração, devido ao encontro da estrutura do revestimento de vidro, com as áreas de superfície em granito. Em diversos pontos, é possível identificar que não houve a previsão ou aplicação de nenhum sistema de vedação interna de interfaces no encontro de ambos os revestimentos, conforme 71.

Figura 71 – Pontos de vulnerabilidades à infiltração.

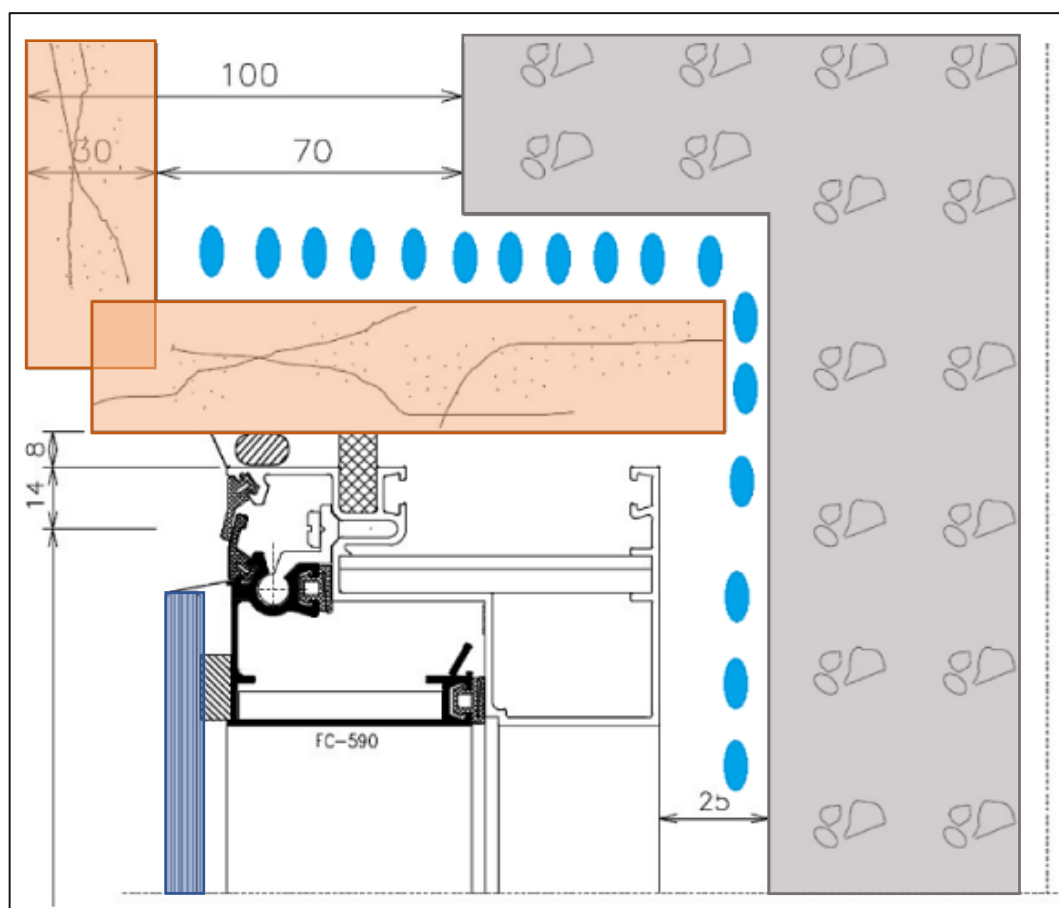


Fonte: Adaptado de Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p. 19.

No relatório diagnóstico fica claro que os sistemas de granito e vidro foram projetados individualmente, tanto com relação à fabricação, quanto à instalação, o que prejudicou os encontros de ambos os materiais. Nas Figuras 72 e 73, evidenciamos através de um esquema explicativo, o caminho possível para a infiltração de água — em azul — pelo revestimento externo, uma vez que o projeto não previu a vedação

interna de interfaces e um ponto de saída de água. Nestas Figuras, o lado externo da fachada fica à esquerda.

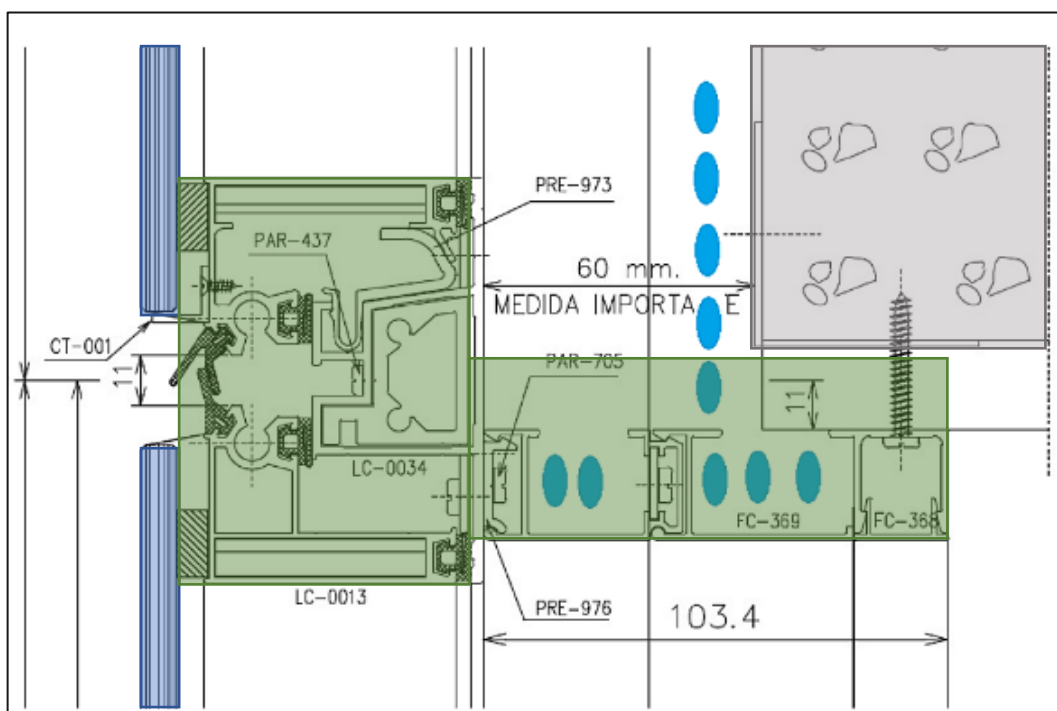
Figura 72 – Esquema de Infiltração de água pelo revestimento externo (I).



Fonte: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p. 19.

Na figura 72, o esquema representa um corte em perfil de uma esquadria no topo da fachada-cortina, isto é, no encontro da interface vidro-granito já próximo ao topo da edificação. O granito da fachada está representado pelos retângulos em laranja, enquanto a laje está em cinza e o começo da área envidraçada está em azul escuro. Os círculos em azul representam o caminho que a água faz devido a falta de elemento vedante, correndo por trás do caixilho e se infiltrando por ali.

Figura 73 – Esquema de Infiltração de água pelo revestimento externo (II).



Fonte: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p. 19.

Já na Figura 73, temos o corte em perfil do encontro da fachada-cortina entre dois pavimentos. As superfícies de vidro estão em azul, os elementos que compõem o caixilho estão em verde e a estrutura da edificação, em cinza. Nesse ponto, temos também um possível caminho para infiltração de água, novamente representados pelos círculos em azul.

As manifestações patológicas identificadas nesta vistoria foram comprovadamente ocasionadas devido a falhas de execução, bem como falhas na previsão do projeto, principalmente no que diz respeito ao encontro dos perfis de estrutura do vidro com as placas de granito, além de pontos que sofreram desgaste no decorrer do tempo e de caixilhos danificados por mau uso, que também tiveram a sua parcela de contribuição para o agravamento dos pontos de infiltração.

Alguns pontos poderiam ter sido evitados, caso a frequência de manutenção tivesse sido regularmente seguida. As medidas preventivas, na maioria das vezes nos custam menos tempo, e menos dinheiro do que qualquer medida corretiva que venha a ser tomada depois do problema já existente. A execução de uma correção é sempre mais morosa, e geralmente possui duração extensa para sua eficácia.

Segundo Petrucci (comunicação verbal, 2023), falhas mecânicas de rigidez e dimensionamento, geralmente não são detectáveis pelo processo de manutenção. No entanto, se houvesse uma verificação conjunta a equipe de limpeza, por exemplo, que costuma descer frequentemente a fachada, numa periodicidade mais frequente e controlada, ajudaria muito na detecção de falhas com problemas de infiltração antes que essas falhas gerassem ocorrências maiores.

#### **5.4 Estratégias de mitigação e reabilitação**

Com base no levantamento de todas as patologias encontradas no *Seculum I*, são identificadas as ações principais para início de resolução dos problemas. Assim como a manifestação ocorre gradativamente até alcançar seu estágio crítico, as correções, em sua grande maioria, são compostas por processos sequenciais para alcançar a solução esperada.

O relatório de não-conformidades, encontradas na vistoria do empreendimento *Seculum I*, serviu como referência para consolidar os primeiros passos de correções da fachada. Conforme apresentado no subcapítulo 5.3, a fachada sofreu um alto volume de infiltrações por conta de trechos sem a devida vedação, com ausência de gaxetas, ou até mesmo falha de fixação dessas peças no entorno dos perfis de vidro da fachada.

O papel da consultoria consiste também em entender todas as possíveis causas das não-conformidades encontradas, identificando e classificando os itens a serem revistos. Nesse projeto em específico, grande parte das manifestações patológicas encontradas foram ocasionadas por erros de instalação. Logo, a preocupação da consultoria é dobrada.

Uma vez que o serviço já foi efetuado com diversas falhas em sua primeira instalação, não pode haver má execução em sua correção. Qualquer resserviço é imensamente mais trabalhoso e, a responsabilidade, nesse sentido é muito maior. Portanto, além da constatação das irregularidades, a empresa propõe uma série de correções específicas para cada pendência e, estuda junto a executora, a melhor forma de implantar as soluções, assim como também, realiza os relatórios de acompanhamento das correções propostas. No caso do *Seculum I*, é possível verificar que as principais medidas tomadas foram:

Com relação à interface composta por vidro — remoção de todas as gaxetas externas e trocadas por aplicação de silicone.

Já com relação à interface composta por granito — troca de todo silicone de rejuntamento por um novo.

Ensaio de estanqueidade à água de acordo com norma NBR 10821, descrito ao fim deste capítulo.

E para finalizar, a limpeza de toda a fachada.

Dentre os principais planos de recuperação da estanqueidade da fachada, foi a retirada de todas as gaxetas externas da fachada de vidro e das interfaces em granito para realizar a devida vedação.

As Figura 74 e 75 exemplificam o início dos reparos nas interfaces de granito e vidro, retirando as gaxetas externas para substituição dor silicone estrutural.

Figura 74 – Profissional removendo silicone de rejuntamento das interfaces em granito para início dos reparos.



Fonte: Adaptado de Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p. 30.

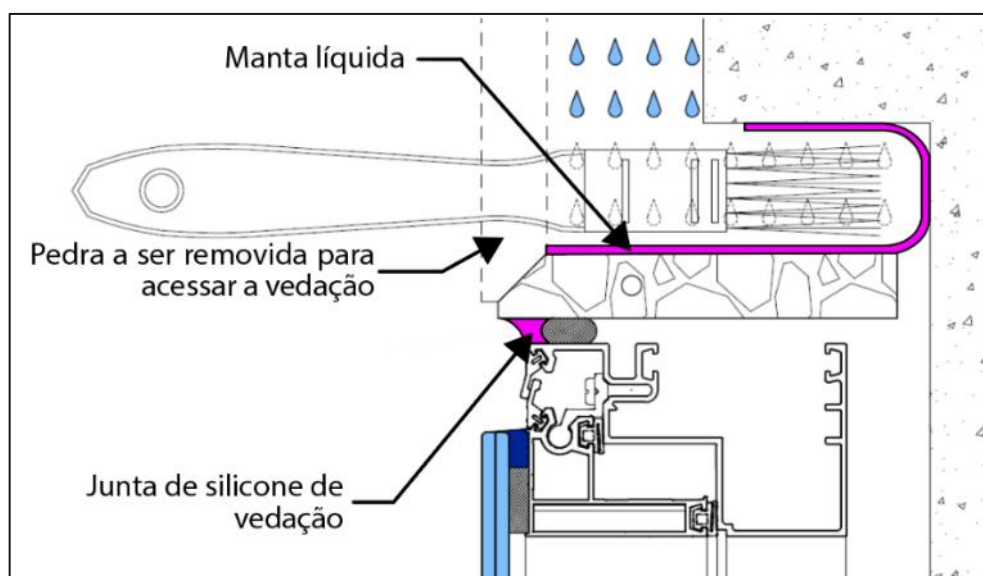
Figura 75 – Profissionais removendo as gaxetas externas da fachada-cortina para início dos reparos



Fonte: Adaptado de Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p. 30.

Com relação aos encontros entre as interfaces de vidro e granito, foi proposto um esquema de vedação conforme demonstrado na Figura 76, a seguir.

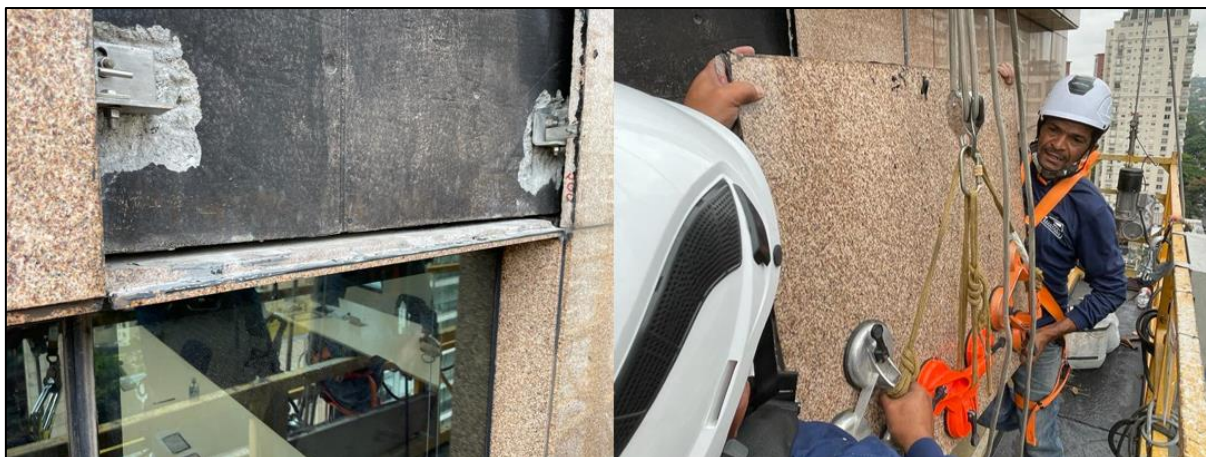
Figura 76 – Projeto proposto para vedação dos pontos de infiltração.



Fonte: Adaptado de Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p. 30.

Na Figura 77, é possível observar o esquema proposto, aplicando uma manta líquida com pincel na parte superior do caixilho e uma junta de silicone para vedação — ambas destacadas em roxo. Esses pontos estavam vulneráveis às infiltrações, como foi demonstrado anteriormente na Figura 72. A seguir, na Figura 77, temos uma exemplificação da peça de granito sendo removida para realizar os reparos no encontro das interfaces.

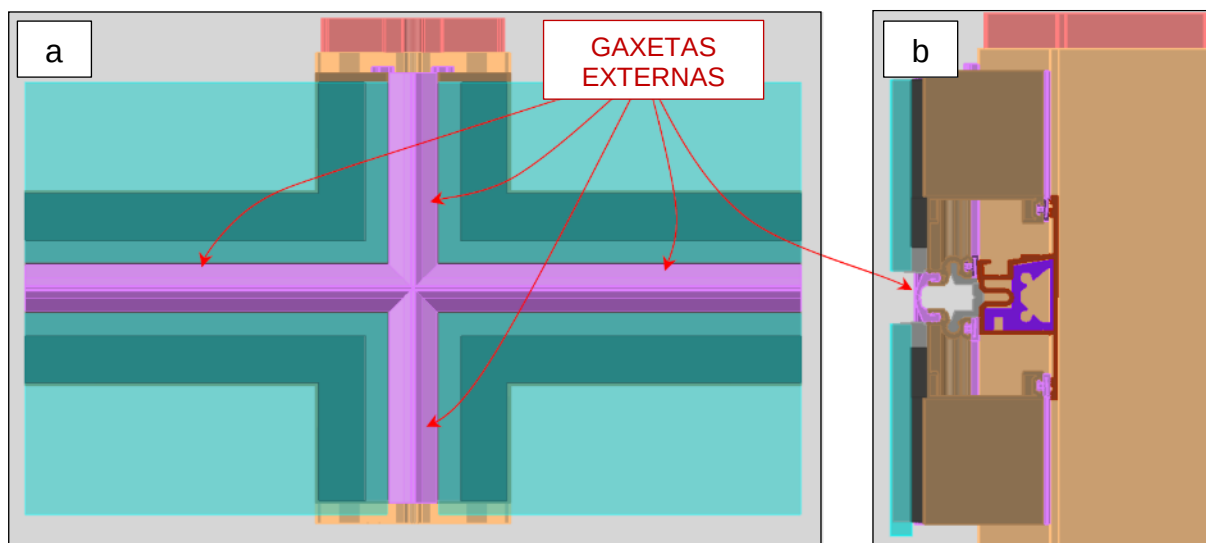
Figura 77 – Remoção do granito para execução da vedação proposta



Fonte: Adaptado de Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2021, p. 31.

Para divisórias internas dos caixilhos, a reabilitação proposta segue com a substituição das gaxetas por silicone estrutural.

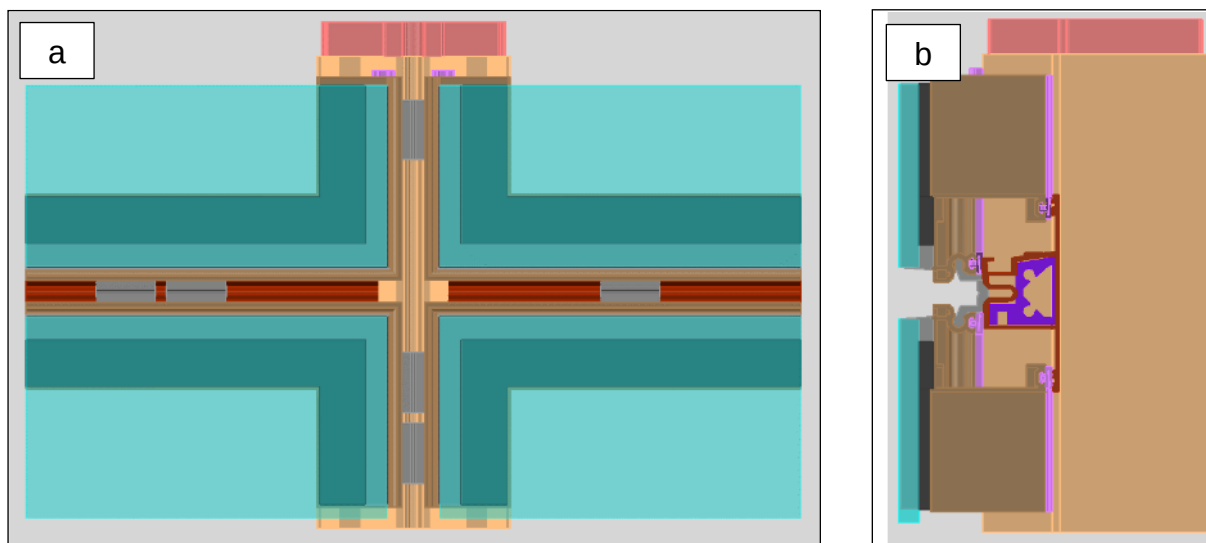
Figura 78 – Arte 3D demonstrando as gaxetas externas.



Fonte: Fonte: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2022, p. 31.

As Figuras 78 e 79 demonstram um esquema em 3D do posicionamento das gaxetas nos caixilhos propriamente ditos. Na Figura 78 (a) corresponde a vista das juntas entre os vidros com as gaxetas em EPDM que serão retiradas, em roxo. A Figura 78 (b) corresponde ao corte desta vista onde é possível notar as gaxetas e o perfil de fixação, em roxo.

Figura 79 – Arte 3D demonstrando as gaxetas externas.

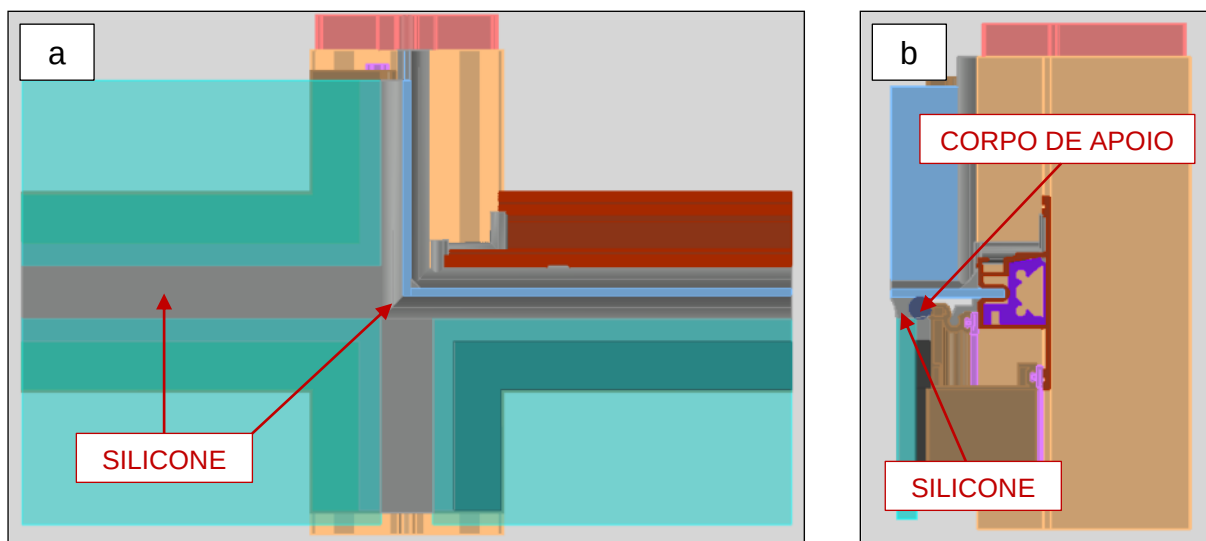


Fonte: Fonte: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2022, p. 31

Na Figura 79 (a) corresponde a vista das juntas entre os vidros sem as gaxetas em EPDM, sendo possível ver o fundo do perfil que corresponde a estrutura da fachada. A Figura 79 (b) corresponde ao corte desta vista já sem as gaxetas.

Após a remoção de todas as gaxetas antigas, o vão entre os vidros devem ser limpos, instalado o corpo de apoio na junta para limitar a profundidade em que o silicone será aplicado, além de servir como limitador para que não haja um desperdício de material, na Figura 80, temos a arte 3D que demonstra como ficara o local após a substituição das gaxetas pelo silicone.

Figura 80 – Arte 3D demonstrando a junta com aplicação do silicone.



Fonte: Fonte: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2022, p. 34

Na Figura 80, a lado (a) corresponde a vista das juntas entre os vidros rejuntadas com silicone. O lado (b) corresponde ao corte desta vista onde é possível notar o material de corpo de apoio para o silicone.

Antes de revisar qualquer região com necessidade de vedação, é imprescindível a limpeza da área para devida aderência do material aplicado para esse fim. Ainda mais se tratando de uma fachada, que se encontra correntemente exposta a circulação de ar, poros, poeiras e sujeiras que podem impregnar a superfície do vidro, ou do granito, e principalmente regiões vulneráveis de encontro desses dois materiais.

Após cada etapa finalizada, foi verificado a conformidade da execução efetuada, conforme Figura 81.

Figura 81 – Vista externa da junta horizontal de silicone no topo da fachada-cortina evidenciando o acabamento “*espatulagem*” da junta de silicone em conformidade.



Fonte: Fonte: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (b), 2022, p. 5.

Após a implementação das correções, foram realizados ensaios de estanqueidade nos caixilhos, com o intuito de avaliar as vedações das juntas e demais elementos que compõem a fachada.

Como mostrado nas Figuras 82, 83, 84 e 85, a equipe responsável posiciona o bico da mangueira à 30 cm de distância do vidro, movendo lentamente para frente e para trás ao longo de 5 minutos, encharcando todo o painel enquanto um membro da equipe de teste fica posicionado no interior do ambiente para avaliar possíveis vazamentos.

Figura 82 – Evidenciação da regulagem de pressão para realização do ensaio.



Fonte: Fonte: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (a), 2022, p. 5.

Figura 83 – Profissional posicionado na face externa realizado o ensaio na fachada-cortina (l).



Fonte: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (a), 2022, p. 6.

Figura 84 – Profissional posicionado na face externa realizado o ensaio na fachada-cortina (II).



Fonte: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (a), 2022, p. 7.

Figura 85 – Profissional posicionado no interior do ambiente acompanhando o ensaio em caixilho individual.



Fonte: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (a), 2022, p. 5.

Por fim, durante a realização do ensaio, não foi evidenciado nenhum ponto de infiltração, conforme demonstrado na Figura 86, atestando que os reparos foram bem-sucedidos.

Figura 86 – Ambiente interno evidenciado sem nenhum ponto de infiltração durante a realização do ensaio.



Fonte: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia (a), 2022, p. 7.

## 5.5 Discussão de resultados do estudo

Após a finalização das correções propostas pela Crescêncio Petrucci Engenharia, e a partir do acompanhamento técnico da empresa, eles emitem um relatório final, considerando que as soluções foram aplicadas de maneira eficiente, garantindo que os problemas foram vencidos. Na análise realizada, ficou claro que grande parte das manifestações poderiam ter sido evitadas com maiores cuidados na execução inicial do processo.

Estamos avaliando uma fachada que foi executada no ano de 2003, é necessário levar em consideração que o mercado da construção civil vive em constante evolução, e diversas tecnologias que fazem parte do cotidiano atual, não existiam a mais de duas décadas atrás.

Também ficou claro a importância de se ter um acompanhamento rigoroso desde a contratação dos profissionais que serão responsáveis por projetar a fachada no início da concepção do empreendimento — tendo sempre em vista que, em caso de diferentes interfaces construtivas, todos os profissionais das respectivas disciplinas precisam estar em constante contato para compatibilização de projeto — até a mão de obra empregada para a instalação da fachada. Outros aspectos de suma importância se dão no pós-obra: manutenção e uso.

Seguir corretamente o plano de limpeza e manutenção da fachada proposto pelo fabricante é crucial para preservar a vida útil da fachada, salientando que, como os profissionais de limpeza estão atuantes na fachada, em um local de difícil acesso no cotidiano, estes podem apontar possíveis danos na fachada durante a limpeza e, caso necessário, realizar inspeções para averiguar o real estado de forma fidedigna.

Com relação ao uso, é importante que se tenha uma orientação aos usuários, para impedir que aconteçam intervenções por parte destes, comprometendo a estrutura do caixilho, como furá-lo para prender uma persiana, por exemplo.

Portanto, para garantir o desempenho esperado da fachada, é preciso uma integração constante em toda a cadeia produtiva e no seu pós-obra, de forma a alcançar a vida útil concebida originalmente, uma vez que, investimentos em retrabalho podem acabar sendo maiores do que o investimento inicial para a execução do empreendimento.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo sobre as manifestações patológicas e medidas preventivas em fachadas-cortina, abordando principalmente as falhas recorrentes durante o processo construtivo dessa modalidade.

O primeiro passo foi contextualizar o processo de fachada-cortina, bem como apresentar as vertentes existentes dentro desse método executivo, e como cada uma delas funciona. Também foi necessário apresentar brevemente o histórico evolutivo dessa categoria, que implica diretamente nos fatores contribuintes às manifestações patológicas existentes desde o surgimento dessa tecnologia, até a sua aplicação nos dias de hoje. O trabalho buscou, também, aprofundar os conceitos e propriedades dos materiais que compõem o sistema de fachadas-cortina, principalmente caracterizando os vidros e seus componentes usados para a estrutura e implantação desse método construtivo.

O conjunto dessa apresentação inicial, nos levou a buscar as origens das falhas construtivas existentes desse método, através de pesquisas gerais, com enfoque na constatação de manifestações patológicas mais recorrentes em fachadas-cortina. Possibilitando o levantamento dos indicadores de desempenho, também, a classificação dos fatores reagentes recorrentes dos problemas encontrados nas fachadas-cortina.

Paralelamente aos dados teóricos, a complexidade de ocorrências encontradas, levou a investigar, a partir de um estudo de caso, a situação real de um empreendimento com essa modalidade de fachada, a fim de entender mais claramente todos os indicadores encontrados nas pesquisas.

Relacionando o conjunto de informações levantadas e adquiridas por meio desse estudo, é possível considerar que, apesar do expressivo aumento na execução dessa tipologia de fachada, a preocupação em relação aos cuidados para sua execução permanece baixa, ainda mais quando se pensa em um contexto de alta demanda no mercado, contribuindo para um volume grande de empreendimentos e que possuem prazos cada vez mais curtos. A qualificação da mão de obra responsável pela execução das fachadas-cortina, assim como a responsabilidade quanto a implantação do projeto, não cresce tanto quanto o volume de projetos existentes. Por mais que a norma de desempenho para edificações norteie as práticas envolvendo a

construção de fachadas, essa norma em conjunto com as demais normas não se adequa totalmente ao processo de fachadas-cortina em específico, e existem apenas pensando em seus componentes de forma individual, exigindo uma atenção dobrada na análise delas para prosseguir com um projeto tão impactante tecnicamente. O controle de qualidade, principalmente no processo executivo, deve ser cada vez mais aprimorado, com o intuito de coibir falhas desnecessárias, a fim de mitigar a recorrência de não conformidades simples e até consideradas pequenas, mas que trazem grandes consequências ao empreendimento que a possui.

Apesar das evidências em relação a execuções má efetuadas, foi possível aferir excelentes avaliações e métodos corretivos que podem melhorar a eficiência de uma fachada-cortina. A expectativa é que a beleza a qual esse sistema pode proporcionar, faça com que a execução do processo se torne cada vez mais assertiva.

A seção a seguir, apresentar ideias de trabalhos futuros, com o intuito de instigar a continuidade do trabalho desenvolvido nessa pesquisa.

## **6.1 Trabalhos futuros**

No que diz respeito a trabalhos futuros, essa pesquisa fornece algumas opções para continuidade de estudo. Abaixo temos algumas possibilidades:

- **Pesquisa Quantitativa de manifestações patológicas em fachadas-cortina.**

Neste trabalho, foi possível avaliar qualitativamente as manifestações patológicas recorrentes no processo executivo das fachadas-cortina. Para um momento posterior, seria interessante um levantamento de dados quantitativos, possibilitando o desenvolvimento de iniciativas assertivas para mitigar os problemas em suas raízes.

- **Estudo de caso contemplando uma fachada em seu início do processo construtivo.**

A partir de relatórios técnicos de fachadas-cortina, muito abordou-se sobre as suas manifestações patológicas. A partir disso, seria interessante evidenciar, e avaliar em tempo real um processo de construção de uma fachada-cortina desde o início.

## 7 REFERÊNCIAS

ABAL (São Paulo). Cadeia Primária. 2014. Disponível em: <<https://abal.org.br/aluminio/cadeia-primaria/>>. Acesso em: 06 abr. 2023.

ABRAVIDRO (Brasil). **Conheça o vidro insulado, ideal para o conforto da sua casa.** 2020. Disponível em: <<https://abravidro.org.br/punoticias/conheca-o-vidro-insulado-ideal-para-o-conforto-da-sua-casa/>>. Acesso em: 10 maio 2023.

ABRAVIDRO (Brasil). **Dia da indústria: você sabe como funciona a cadeia vidreira?**. 2020. Disponível em: <<https://abravidro.org.br/punoticias/dia-da-industria-voce-sabe-como-funciona-cadeia-vidreira/>>. Acesso em: 14 maio 2023.

ABRAVIDRO (Brasil). **Nova era para os vidros de controle solar.** 2018. Disponível em: <<https://abravidro.org.br/nova-era-para-os-vidros-de-controle-solar/>>. Acesso em: 15 maio 2023.

ABRAVIDRO (Brasil). **Sabe O Que É Vidro Plano? Tire Suas Dúvidas.** 2019. Disponível em: <<https://abravidro.org.br/punoticias/sabe-o-que-e-e-pra-que-serve-o-vidro-aramado-tire-suas-duvidas/>>. Acesso em: 14 maio 2023.

AFEAL. **Você Conhece o Structural Glazing?**. 2022. Disponível em: <<https://afeal.com.br/rev/psq/noticias-psq/voce-conhece-o-structural-glazing>>. Acesso em: 8 maio 2023.

AKERMAN, Mauro. **Natureza, estrutura e propriedades do vidro.** [S. L.]: CETEV, 2000. 37 p. Disponível em: <[https://www.unifal-mg.edu.br/ppgcem/wp-content/uploads/sites/116/2020/06/NaturezaEstrut\\_Prop\\_Vidro-Saint-Gobain-2000.pdf](https://www.unifal-mg.edu.br/ppgcem/wp-content/uploads/sites/116/2020/06/NaturezaEstrut_Prop_Vidro-Saint-Gobain-2000.pdf)>. Acesso em: 14 maio 2023.

ALUPARTS (São Paulo). **Inspeções e Laudos técnicos.** 2023. Disponível em: <<https://aluparts.com.br/blog/>>. Acesso em: 21 out. 2023.

ALUPARTS (São Paulo). **Nossos Projetos:** consultoria técnica. Consultoria Técnica. 2023. Disponível em: <<https://aluparts.com.br/portfolio/consultoria/>>. Acesso em: 25 maio 2023.

ALUSISTEM. **Tecnologia.** 2007. Disponível em: <<http://www.alusistem.com.br/TECNOLOGIA-15-04-07.html>>. Acesso em: 08 maio 2023.

ARCH GLASS (Brasil). **Vidro laminado:** saiba tudo sobre — arquitetura em vidro. 2019. Disponível em: <https://archglassbrasil.com.br/artigos/saiba-tudo-sobre-vidro-laminado/>. Acesso em: 16 maio 2023.

ASM ENGENHARIA (Brasil). **Pintura eletrostática:** o que é e como funciona. o que é e como funciona. 2022. Disponível em: <<https://blog.asmeng.com.br/pintura-eletrostatica-o-que-e-como-funciona/>>. Acesso em: 12 out. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT PR 1010**: Aplicação e manutenção de vidros na construção civil. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. 16 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5674**: Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 25 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7199**: Vidros na construção civil — Projeto, execução e aplicações. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. 57 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10821-1**: Esquadrias para edificações. Parte 1: Esquadrias externas e internas — Terminologia. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 15 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10821-2**: Esquadrias para Edificações. Parte 2: Esquadrias externas — Requisitos e classificação. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 22 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10821-3**: Esquadrias para Edificações. Parte 3: Esquadrias externas — Métodos de ensaio. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 64 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10821-4**: Esquadrias para Edificações. Parte 4: Esquadrias externas — Requisitos adicionais de desempenho. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 14 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10821-5**: Esquadrias para Edificações. Parte 5: Esquadrias externas — Instalação e manutenção. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 18 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10821-7**: Esquadrias para edificações Parte 7: Método de estanqueidade à água em esquadrias externas instaladas. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14718**: Esquadrias — Guarda-corpos para edificação — Requisitos, procedimentos e métodos de ensaio. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 27 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15919**: Perfis de alumínio e suas ligas com acabamento superficial – Colagem de vidros com fita dupla-face estrutural de espuma acrílica para construção civil. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 24 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16325-2**: Proteção contra quedas de altura Parte 2: Dispositivos de ancoragem tipo C. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 32 p.

ARAUJO, Valdir Rodrigues de. **Fachadas pele de vidro e Glazing**. São Paulo: ALUMIBRAS, 2018. 232 p.

ARRUDA, Tiago Schnorr de. **Estudo de modalidades para a execução de fachada cortina**. 2010. 63 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/7042/1/monopoli10000291.pdf>>. Acesso em: 09 maio 2023.

BRASILIMP (Brasil). **Vedação de Vidros e Fachadas**. 2023. Disponível em: <<https://www.abraslimp.com.br/vedacao-de-vidros-e-fachadas>>. Acesso em: 01 jun. 2023.

CANAL DO SERRALHEIRO. **As três evoluções da fachada-cortina no Brasil**. [201-?]. Disponível em: <<https://www.canaldoserralheiro.com.br/as-tres-evolucoes-da-fachada-cortina-no-brasil/>>. Acesso em: 08 maio 2023.

CARDOSO, Antônio B. **Esquadrias de alumínio: a conquista do desempenho**. São Paulo: All Print Editora, 2022. 312 p.

CARDOSO, Igor Moreira. **Fachada Stick: infiltrações de água em um edifício multipavimentos de Goiânia - go**. 2017. 42 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Áreas Acadêmicas, Instituto Federal de Goiás, Aparecida de Goiânia, 2017. Disponível em: <[https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/207/1/tcc\\_Igor%20Cardoso.pdf](https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/207/1/tcc_Igor%20Cardoso.pdf)>. Acesso em: 27 maio 2023.

CARVALHO, Isabella Chaves. **Patologias em fachadas: análises de casos na Universidade Federal do Pará**. 2014. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012. Disponível em: <<https://www.repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/6255>>. Acesso em: 22 maio 2023.

CONSULTORIA EAP ALUMÍNIO & VIDRO (São Paulo). **Parecer Técnico: fachadas pele de vidro**. São Paulo: Consultoria EAP Alumínio & Vidro, 2023. 73 p.

CRESCÊNCIO PETRUCCI CONSULTORIA E ENGENHARIA (São Paulo). **Inspeção técnica na obra – Vidros machados**. São Paulo: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia, 2020. 9 p.

CRESCÊNCIO PETRUCCI CONSULTORIA E ENGENHARIA (São Paulo) (a). **Procedimentos para substituição e reparos das juntas de vedações entre as placas de granitos**. São Paulo: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia, 2021. 13 p.

(b). **Procedimentos para substituição e reparos das juntas de vedações dos caixilhos entre vãos e fachadas cortinas**. São Paulo: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia, 2021. 53 p.

CRESCÊNCIO PETRUCCI CONSULTORIA E ENGENHARIA (São Paulo) (a). **Vistoria de qualidade do serviço de vedação em andamento**. São Paulo: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia, 2022. 7 p.

(b).

**Vistoria de qualidade do serviço de vedação em andamento.** São Paulo: Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia, 2022. 7 p.

DACON (São Paulo). **Edifício Dacon.** 2023. Disponível em: <<https://www.edificiodacon.com.br/>>. Acesso em: 21 out. 2023.

DEWALT (org.). **Glazier Solutions.** 2023. Disponível em: <<https://www.dewalt.com/total-trade-solutions/browse-trade/glazier-solutions>>. Acesso em: 09 maio 2023.

ESTRUTURAL GLAZING. **Produto fachada de vidro.** (Belo Horizonte) (ed.). 2022. Disponível em: <<http://estruturalglazing.com.br/portfolio-item/produto-fachada-de-vidro/>>. Acesso em: 08 maio 2023.

GLASSECVIRACON (São Paulo). **Relatório de Análise Técnica.** Nazaré Paulista: Glassecviracon, 2020. 6 p.

GLASSECVIRACON (São Paulo). **Torre Matarazzo e Shopping Cidade São Paulo.** [201--]. Disponível em: <<https://glassecviracon.com.br/portfolio/view.php?ref=405&lang=es&name=Torre%20Matarazzo%20e%20Shopping%20Cidade%20S%C3%A3o%20Paulo>>. Acesso em: 23 out. 2023.

GUARIENTI, Gustavo Schorr. **Pele de vidro Glazing.** Disponível em: <<https://scoutdoor.com.br/blog/pele-de-vidro-glazing/o-que-e-pele-de-vidro-quais-as-suas-vantagens/>>. Acesso em: 09 maio 2023.

HTB ENGENHARIA (Brasil). **Escritórios.** 2023. Disponível em: <<https://www.htb.eng.br/escritorios-pag2>>. Acesso em: 22 maio 2023.

ÍON ELETROSTÁTICA (Brasil). **Como Funciona a Pintura Eletrostática?** [20--]. Disponível em: <[https://ioneletrstatica.com.br/index.php?route=information/information&information\\_id=7](https://ioneletrstatica.com.br/index.php?route=information/information&information_id=7)>. Acesso em: 12 out. 2023.

JORNAL O GLOBO (Brasília). **PGR não pode servir a propósitos pessoais.** 2019. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/politica/associacao-diz-que-escolha-depgr-nao-pode-servir-propositos-pessoais-23887850>>. Acesso em: 20 out. 2023.

KHOUSE (Brasil). **Salas comerciais: centro profissional ribeirão shopping.** Centro Profissional Ribeirão Shopping. [201--]. Disponível em: <<https://www.khouse.com.br/imovel/centro-profissional-ribeirao-shopping>>. Acesso em: 23 out. 2023.

KICHLER. **Pele de Vidro.** 2023. Disponível em: <<https://kichler.com.br/pele-vidro-descricao/>>. Acesso em: 14 maio 2023.

LIMA, Daniel Charles da Silva. **Proposta de procedimento executivo de fachadas em pele de vidro unitizada.** 2018. 61 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

Disponível em: <<https://bdta.abcd.usp.br/item/002953041>>. Acesso em: 07 maio 2023.

MARINHO, Bruno Filipe dos Santos. **Caracterização experimental do vidro laminado como material estrutural: Avaliação da Influência dos Elementos Intercalares e da Temperatura**. 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2012. Disponível em: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/29648>>. Acesso em: 20 maio 2023.

MARIACHER, Giovanni. **Os Estilos na Arte: o vidro**. São Paulo: Martins Fontes, 1992. 156 p.

MENEGATTI, Matheus de Cezaro. **Gestão da Produção de Sistema Fachada Cortina**. 2019. 113 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/197523>>. Acesso em: 20 maio 2023.

METAL LIGHT SOLAR. **Informações Gerais**. 2023. Disponível em: <https://www.metallightsolar.com/informacoes-gerais/>. Acesso em: 22 maio 2023.

OFFICE, Assessoria de Comunicação Press (org.). **Edifícios com fachadas de vidro geram alto impacto ambiental**. 2019. Clever Marcos Teixeira. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/?p=255357>>. Acesso em: 15 abr. 2023.

OFFICES 2 | HTB. **Edificações**. [201-?]. Disponível em: <<https://www.htb.eng.br/escritorios-pag2>>. Acesso em: 08 maio 2023.

PERFIL ALUMÍNIO DO BRASIL (Brasil). **Manual de uso, limpeza e conservação: para garantia dos sistemas construtivos**. 3. ed. [S.l.]: Perfil Alumínio do Brasil, 2020. 68 p.

PETRUCCI, Crescêncio. **Fachadas-cortinas**. Entrevista cedida a Bruno Matias dos Santos. Entrevista concedida para pesquisa sobre fachadas-cortinas. São Paulo, 25 set. 2023. A entrevista encontra-se transcrita no Apêndice “A” desta monografia.

PKO DO BRASIL (Mogi das Cruzes). **O uso de película de segurança para vidros: vantagens e desvantagens**. 2021. Disponível em: <https://pkodobrasil.com.br/blog/pelicula-de-seguranca-para-vidros-vantagens-e-desvantagens/>. Acesso em: 25 maio 2023.

POTIGUARA, Luiz Guilherme Pereira. **Fachadas cortina: processo construtivo e patologias associadas**. 2017. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.poli.ufrj.br/repository/download.php?arquivo=monopoli10020934.pdf&fcodigo=2977>>. Acesso em: 01 maio 2023.

RICHARDS, Brent. **New glass architecture**. New Haven: Yale University Press, 2006. 239 p.

SANTOS, Danilo Gonçalves dos. Estudo da Vida Útil e Degradação de Fachadas em Argamassa a Partir da Inspeção de Edifícios. 2018. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: <[https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/34843/1/2018\\_DaniloGon%C3%A7alvesdosSantos.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/34843/1/2018_DaniloGon%C3%A7alvesdosSantos.pdf)>. Acesso em: 28 maio 2023.

SCHUCH, Diana *et al.* **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESQUADRIAS**. 2020. 12 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil e Urbana, Congresso Brasileiro de Patologias das Construções, Fortaleza, 2020. Disponível em: <<https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/CBPAT.2020.360>>. Acesso em: 20 ago. 2023.

SIE, Winxie Wong Wan. **Analysis and Design of Curtain Wall Systems for High Rise Buildings**. 2007. 135 f. Dissertação. Curso de Civil Engineering, Faculty of Engineering and Surveying, University of Southern Queensland, Brisbane, 2007. Disponível em: <[https://sear.unisq.edu.au/3883/1/Wong\\_Wan\\_Sie\\_2007.pdf](https://sear.unisq.edu.au/3883/1/Wong_Wan_Sie_2007.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2023.

SILVA, Fernando Benigno. Sistema unitizado de fachadas modulares. **Téchne**, São Paulo: Pini, dez. 2011. Edição 181. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenhariacivil/181/artigo287934-4.aspx>>. Acesso em: 15 maio. 2023

SOUZA, Wigler Batista et al. SISTEMA DE FACHADA UNITIZADA. **Projectus**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 106-124, 21 jul. 2020. Sociedade Unificada de Ensino Augusto Motta - UNISUAM. <http://dx.doi.org/10.15202/25254146.2018v3n1p106>. Disponível em: <<https://revistas.unisuam.edu.br/index.php/projectus/article/view/630>>. Acesso em: 28 maio 2023

SOUZA FILHO, Emanuel Barbosa de; MIRANDA, Heloisa Ohanna Oliveira; SOUZA, Jefferson Andrey Gomes de. **Patologias da Construção Civil**. 2019. 16 f. Dissertação. Curso de Engenharia Civil, Faculdade Ages, Paripiranga, 2019. Disponível em: <<repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/25486/1/ARTIGO%20CIENTIFICO%20DE%20ENGENHARIA%20CIVIL.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2023.

STORMOVSKI JÚNIOR, Hermes José. **Estudo de Caso**: execução de fachada unitizada em empreendimento comercial e hoteleiro. 2022. 123 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/246486/001143752.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2023.

TEIXEIRA, Regiane; CORREA, Vanessa. "Pele de vidro" se torna padrão para edifícios corporativos em SP. **Folha de São Paulo**. São Paulo, p. 07-12. 11 maio 2013. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/saopaulo/2013/05/1276495-pele-de-vidro-se-torna-padrao-para-edificios-corporativos-em-sp.shtml>>. Acesso em: 04 maio 2023.

THE STARKE (Bangkok). **Glass Type:** What are STC ratings?. 2023. Disponível em: <<https://thestarke.com/en/glass-type/#>>. Acesso em: 09 maio 2023.

TIGRE, Ana Laurent. **Eficiência Energética em Edifícios com Fachada de Vidro**. 2016. 41 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/19180/1/CT\\_GEOB\\_XXII\\_2016\\_03.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/19180/1/CT_GEOB_XXII_2016_03.pdf)>. Acesso em: 28 maio 2023.

VEDOVELLO, Cintia Aparecida da Silva. **Gestão de Projetos de Fachadas**. 2012. 406 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <[https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-06062013-163302/publico/Dissertacao\\_CintiaVedovello\\_Ed\\_Revisada.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-06062013-163302/publico/Dissertacao_CintiaVedovello_Ed_Revisada.pdf)>. Acesso em: 22 maio 2023.

VIDROFLEX. **Vidro Float (comum)**. 2022. Disponível em: <<https://vidroflex.com.br/vidros/vidro-float/>>. Acesso em: 14 maio 2023.

WESTPHAL, Fernando Simon. **Manual técnico do vidro plano para edificações**. São Paulo: ABIVIDRO, 2020. 154 p. Disponível em: <<https://abividro.org.br/wp-content/uploads/2021/08/Manual-Tecnico-Vidro-Plano-Para-Edificacoes.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2023.

WESTPHAL, Fernando Simon. **Vidro plano para edificações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2022. 144 p.

ZUCHETTI, Pedro Augusto Bastiani. **Patologias da construção civil: Investigação Patológica em Edifício Corporativo de Administração Pública no Vale do Taquari/RS**. 2015. 128 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharel em Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Lajado, 2015. Disponível em: <<https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/bd3c4e33-a76e-4514-a396-86b0cebeb9e9/content>>. Acesso em: 28 maio 2023.

## APÊNDICE – Entrevista

São Paulo, 25 de setembro de 2023

Entrevista conduzida pelo integrando Bruno Matias, integrante do grupo de pesquisa do trabalho que estamos desenvolvendo sobre fachadas-cortina, e realizada com Engenheiro Civil, proprietário da Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia, empresa especializada em laudos técnicos de manifestações patológicas na cidade de São Paulo. A entrevista ocorreu em vídeo chamada, no dia 25 de setembro de 2023, iniciada às 16h00, com duração de uma hora e 2 minutos.

**Pergunta (Bruno):** Crescêncio muito obrigado pelo seu tempo, que eu sei que é bem corrido. Vou tentar não atrapalhar muito a sua rotina. Como estávamos conversando, a gente está desenvolvendo um trabalho de conclusão de curso da PUC, em Engenharia Civil, estamos fazendo esse trabalho sobre fachadas. E, até uma dúvida que você colocou na nossa cabeça e levei isso para o grupo, eu queria entender melhor qual que é a diferença do termo que a gente conversou semana passada: de “*Fachada-cortina*” para “*Fachada com Pele de Vidro*”.

**Resposta (Crescêncio):** Certo. Eu já fiz algumas palestras a esse respeito e como você está gravando, talvez se eu compartilhar a tela, fica até mais fácil de explicar. Na verdade, o termo “pele de vidro” corresponde a uma forma de fixação do vidro, especificamente falando. Enquanto o termo “fachada-cortina” é um termo geral, conhecido internacionalmente com algumas variações. Por exemplo, no inglês, ele chama “*Curtain Wall*” — Muro cortina — e em espanhol, “muro cortina”. Então, a fachada cortina está mais associado a esse tipo de revestimento de alumínio e vidro, enquanto a pele de vidro é uma forma específica de prender o vidro. Se você quiser eu posso te compartilhar alguns detalhes.

**Resposta (Bruno):** Pode ser, se puder, seria bem interessante.

**Resposta (Crescêncio):** A gente chama de esquadria entre vãos sempre que eu tenho uma parte cinza que nem essa daqui [detalhe na apresentação], de vidro,

interrompida por qualquer elemento de fachada. Pode ser alvenaria, um painel de concreto, um granito ou qualquer coisa nesse sentido. E a gente chama de fachada cortina quando toda a estrutura de alumínio e vidro, ou com outro material, passa por fora da estrutura de concreto. Então, aqui temos um exemplo de esquadria entre vãos e um exemplo de fachada cortina. Aqui dá para ver também da mesma maneira, o entre vão aqui e fachada cortina e aqui é a mesma coisa.

**Resposta (Bruno):** Tem mais de um tipo...

**Resposta (Crescêncio):** Eles podem conviver no mesmo empreendimento. O que a gente chama de pele de vidro é esse tipo de fixação do vidro. Existe uma moldura, aparente pelo lado externo. O vidro é fixado mecanicamente através de um perfil tipo “J”. Ele faz qualquer tipologia de esquadria, seja fixa, “*maxim-ar*” e/ou projetante, e não existe diferença estética externa entre as janelas. Então, a pele de vidro é, esteticamente, pelo lado externo, bem homogênea.

**Pergunta (Bruno):** É isso estava pesquisando também, um pouco da evolução. Antes você tinha um perfil mais robusto, com a evolução na tecnologia de instalação e foi tendo um espaçamento menor e com mais ênfase ao vidro, né?

**Resposta (Crescêncio):** Mais ênfase vidro, exatamente. Antigamente, no início, eram esquadrias desse tipo. Você tinha uma marcação proeminente dos montantes etc., tinha quadros de alumínio e uma série de coisas. Isso é o início das esquadrias com fachada cortina. Essa é uma fachada cortina de um edifício antigo [imagem da apresentação]. Depois tem o sistema *grid*, que tem essa marcação mais regular e tem algumas variações. Aqui tem um exemplo de *grid*, mas não é fachada cortina. Esse é entre vãos e aqui é o que seria a pele de vidro. A pele de vidro, é nesse aspecto, Bruno. Então isso, tecnicamente é o que se chama pele de vidro. Você tem uma moldura de alumínio em cada quadro de esquadria. Aí você tem o sistema *glazing*, que é o vidro é colado com adesivo estrutural, normalmente silicone estrutural. Então você não tem nenhuma marcação do lado externo, é tudo limpo, sem perfil de alumínio, e a fixação é 100% aderida. A aqui (temos) a diferença entre sistema *glazing* e pele de vidro. Então, você pode perceber que os sistemas, os desenhos dos perfis

são muito parecidos. A única diferença é que, na pele de vidro tem uma moldura pelo lado externo e, no sistema *glazing*, não tem. Aqui, [temos] o sistema *stick*, que está relacionado ao tipo de montagem da esquadria, seja ela entre vãos ou fachada cortina. Aqui temos alguns conceitos. Eu queria te mostrar o seguinte, aqui é unitizado, que é outro sistema de montagem, se não me engano, eu tenho um resumo aqui e eu queria te mostrar esse resumo.

**Pergunta (Bruno):** O caso do *Seculum I*, que a gente também está abordando como um estudo de caso, Crescêncio, ele é fachada *stick*, só que lá então seria o *glazing* também, né?

**Resposta (Crescêncio):** Uma boa pergunta. Não me lembro se é *glazing*. É fachada *stick*, né? Fachada cortina é *stick*, mas eu acho que lá é *glazing*. Tem moldura? Ah, não, não tem moldura, é sistema *glazing* mesmo.

**Pergunta (Bruno):** Uma das perguntas que o pessoal criou foi: Qual é a maior tendência hoje, fachada? O unitizado está se sobressaindo ou o *stick* ainda está sendo o sistema mais utilizando em projetos?

**Resposta (Crescêncio):** Olha, a gente, especificamente, acaba utilizando mais o unitizado, Bruno. Aqui está um pouco mais claro. Eu queria mostrar, essa apresentação tinha um resumo. Então, se a gente pensar em termos de sistema, a gente tem ou esquadrias entre vãos ou fachada cortina. Isso é definido pelo conceito arquitetônico. Ou seja, eu tenho uma fachada cortina quando passa por fora da estrutura, né? Vamos dizer, a esquadria a reveste, ela é a envoltória do edifício e entre vãos quando a esquadria de alumínio é segmentada por algum outro elemento. Se é encaixilhado, que é um daqueles com baguete — sistema antigo; se é sistema *grid*, que é aquele com tampa ou contra tampa; se é pele de vidro ou se é *glazing*, isso é definido mais pela forma de fixação do vidro. Então, o encaixilhado usa baguete, o *grid* usa aqueles sistemas de tampa e contra tampa, [na] pele de vidro, existe uma moldura e o *glazing* é o vidro é o 100% aderido, colado. E o *stick* e o unitizado, estão relacionados à forma de montagem da esquadria. O que isso significa? Eu posso ter uma esquadria entre vãos, Bruno, posso ter ela em pele de vidro e ela pode ser *stick*.

Eu posso ter também uma fachada cortina, ela pode ser *glazing* e pode ser unitizada. Posso ter também uma fachada cortina, ela pode ser *grid* e pode ser unitizada. Um exemplo disso é o banco de Boston. O Banco de Boston é uma fachada cortina, é uma envoltória na edificação. Ela é sistema *grid* porque ela tem marcações horizontais e verticais e o sistema construtivo adotado lá foi o unitizado.

**Resposta (Bruno):** É engraçado, foi uma das pesquisas que eu cheguei a fazer, relata que é um dos primeiros. Acho que é a primeira obra em São Paulo do sistema utilizado. Mas eu não tinha visto nenhum ponto que mencionava o sistema *grid*.

**Resposta (Crescêncio):** O banco de Boston é, é *grid* com tampa, é como se fosse tanto e contra tampa, mas isso é unitizado. Se você visualizar lá no banco de Boston, o sistema de fixação dos vidros lá, Bruno, não é mecânico. Não utiliza silicone estrutural.

**Pergunta (Bruno):** É tudo na pressão, né? Tampa e contra tampa.

**Resposta (Crescêncio):** Exato, é gaxeta e aquele sistema de marcação da fachada, então é isso aí. A outra pergunta que você tinha feito é a respeito de sistema, né? Se é *stick* ou unitizado.

**Pergunta (Bruno):** Isso. Qual é a maior tendência do mercado? Eu sei que tem muito a ver em relação ao custo-benefício, né? Mas existe um percentual que você tenha?

**Resposta (Crescêncio):** Eu não tenho esse número ou algum levantamento preciso a esse respeito. Mas, por exemplo, um sistema unitizado, que é o mais comum em grandes obras, em obras de maior dimensão ou mais complexas, Bruno, ele exige um fabricante de esquadria mais desenvolvido. Tanto em relação à aspectos de organização e logística, quanto em aspecto de equipamento disponível para fabricar esse tipo de quadrilha. Onde que eu quero chegar com isso? Um sistema *stick*, não. Ele exige equipamentos mais simples e ele não exige uma organização tão primorosa assim, né? Ele é mais flexível no processo de instalação. Então, por exemplo, se você pegar nos grandes centros tipo São Paulo, Rio, nas principais capitais, a maior parte

das vezes em que você vê um empreendimento com fachada, cortina, ele possivelmente vai ser no sistema unitizado. Enquanto, se você pegar em regiões menos desenvolvidas, você vai observar mais o uso de fachada *stick* para empreendimentos, seja de hotel residencial ou o que for. Tanto um quanto o outro...

**Resposta (Bruno):** São ótimos.

**Resposta (Crescêncio):** São! São consistentes, né? Resolvem a questão de estanqueidade. Evidentemente, quando eu estou falando dos *sticks* mais modernos e tudo mais, evidentemente precisa ser bem-feito, ter qualidade de mão de obra para executá-los. Em determinadas regiões usam mais o tipo de sistema de fachada como *stick* pela escassez de mão de obra ou pela escassez de ter empresas com capacidade fabril mais evoluída.

**Pergunta (Bruno):** Muito obrigado, Crescêncio. Tem outra pergunta aqui. Aí já é um pouco mais referente a parte de patologia, quais são as patologias mais comuns em uma fachada? Assim, eu sei que a gente pensa muito na questão da estanqueidade, mas eu acho que isso é um ponto, né? Existe outro fator assim, que você fala, “poxa esse aqui é muito frequente” que seja voltado a erros construtivos?

**Resposta (Crescêncio):** Sim, evidentemente. O mais frequente, o mais comum e o mais evidente são aqueles relacionados à infiltração.

**Pergunta (Bruno):** Que é o que chama atenção, né? De qualquer usuário.

**Resposta (Crescêncio):** Isso, exatamente. Normalmente, aqueles relacionados à infiltração são detectados pelo próprio. Vem uma reclamação, e aí você vai verificar se é um problema de projeto — de deficiência de projetos, se é um problema de execução, né? Durante a fabricação e tudo mais. Mas a gente detecta problemas, por exemplo, de subdimensionamento em algumas situações. Então, por quê? O projeto não foi bem desenvolvido e, às vezes, nem projeto havia. Alguns fabricantes de esquadria, dependendo da localidade etc., não têm capacitação técnica para dimensionar e entender e todo o processo de dimensionamento, desde a definição

das ações de evento, que é uma norma específica — ela é relativamente complexa e tudo mais, eles não entendem esses conceitos, esses parâmetros e acabam adotando aquilo. Assim “Ah, não. Eu já fiz isso, nunca tive problema, vou fazer aqui também”. Mas, dependendo das características da edificação, as solicitações de vento, são maiores, né? Eu falo que determinada região tem uma velocidade de vento que é característico, né? Mas o quanto uma edificação sofre ou não, mais ou menos, né? Com a ação do vento depende da sua geometria, depende do entorno, tem uma série de diferenças. E eu falo isso e relaciono, por exemplo, a um automóvel, né, por exemplo. Se você pensar na envoltória de um veículo, por exemplo. Se você pegar um carro de Fórmula 1 a 100 km por hora e você pegar um caminhão, por exemplo, a 100 km por hora, a velocidade do vento é a mesma em tese, mas, por exemplo, o carro de Fórmula 1, ele tem uma aerodinâmica melhor, enquanto o caminhão é possível que não tenha a mesma aerodinâmica. Significa que...

**Pergunta (Bruno):** O deslocamento de massa é maior, né?

**Resposta (Crescêncio):** Exatamente. Significa que um edifício, quando ele é cortado, por exemplo, por um vento de 70 km por hora, dependendo da geometria dele, um edifício pode sofrer mais do que o outro. E “sofrer mais” é no sentido das esquadrias, vidros e tudo mais, que é uma relação equivalente a essa a esse paralelo com um carro.

**Pergunta (Bruno):** Eu acho também que essa questão do subdimensionamento pode estar relacionada até com a escolha do material, né? Então, de repente você tem um alumínio que é inadequado etc. E outra pergunta que surgiu agora, a norma, se não me engano, é de 2017... Com essas intemperes que a gente vem tendo, esse assunto em relação à carga e à velocidade do vento. Você acha que isso tem que ser mudado em breve ou o que tem hoje atende ou você tem que fazer algo para dimensionar de uma forma que majore estrutura?

**Resposta (Crescêncio):** Existe uma questão importante para a gente pontuar sobre isso. A norma de esquadria de alumínio, a [ABNT NBR] 10821, que a revisão é de 2017, que você citou, ela possui uma tabela que relaciona regiões do país, altura da

edificação e pressão de vento. Mas, ali nos preâmbulos da norma, você vai observar que aquela tabela se refere a uma edificação de forma retangular. Então ela se limita àquela condição. Isso precisa ser observado. Quando essa edificação não é de forma retangular, ela remete a uma norma que é [ABNT] NBR 6123, que é a norma das ações de vento nas edificações. Essa norma é de 1988, se eu não me engano, que está valendo hoje. Ela está em processo de revisão. Ela já foi para consulta pública, já retornou com uma série de questões e tudo mais. E ela estabelece uma série de parâmetros muito mais complexos do que aquele que está na norma de esquadria. Então, ela considera rugosidade do terreno, topografia, estatística ou probabilidade de ocorrência, tempo de retorno... Ou seja, ela é muito mais complexa. Então, hoje a gente adota a [ABNT NBR] 6123 e não exatamente a [ABNT NBR] 10821 que é de 2017. Levando em conta o seu comentário sobre as ações de evento que elas estão mais frequentes nessa época, né? Só lembrando que a gente está num ano atípico, né? Um ano...

**Resposta (Bruno):** Com inverno de 40 °C!

**Resposta (Crescêncio):** É, e ele é tipo por conta do El Niño, né? O El Niño, tem uma ocorrência cíclica, né? Tem a ver com as mudanças climáticas permanentes e tem a ver com essa questão cíclica do El Niño da La Niña, e tudo mais. Mas quando você hoje, calcula com os parâmetros, por exemplo, [ABNT NBR] 6123, mesmo sendo a de 1988, ou sendo essa que vai ser revisada agora em 2023, as ações de vento nas esquadrias são consistentes e coerentes. Se você dimensionar certinho, Bruno, eles conseguem responder de maneira adequada às solicitações que até então a gente está tendo, né? Se você for ver os registros de evento, eles estão na ordem aí, aqui em São Paulo, de 70 a 80, a 90 km, no máximo, não passa de 100 km, isso nas estações meteorológicas, né? A medida nas estações meteorológicas. E no Sul não, no Sul apesar dos valores serem mais altos, eu não lembro dos últimos registros, inclusive esse ciclone que passou fez um estrago danado lá, mas eles não estão superando aquilo que está previsto em normas, sabe? Eles estão dentro dos limites normativos, mas eles estão muito próximos desse limite. Então, eu entendo que, a norma ainda, ela está respondendo as ações desse clima, né? O que eu acho é que

muitas vezes os técnicos ou as empresas, elas não têm, não têm adotado parâmetro certo na hora de fazer o dimensionamento, sabe?

**Pergunta (Bruno):** Essa é aquela questão que a gente até conversou, né? De valorizar o profissional que faz todo esse serviço, né? Tem empresa que fala, “poxa, está muito caro ali, vou acabar contratando a empresa que está começando está mais barato”, talvez tenha essa relação também.

**Resposta (Crescêncio):** É, se você for ver, por exemplo, dimensionar determinação de vento através de uma tabelinha da [ABNT NBR] 10821, é a coisa mais fácil que tem. É só saber.

**Pergunta (Bruno):** Tem um passo a passo no livro do Cardosinho, eu falei, “putz, é fácil assim?”

**Resposta (Crescêncio):** Isso é muito, muito, muito fácil. Agora, para quem é um técnico e que ele usa conceitos de engenharia mesmo, ele vai observar, por exemplo, que se calcular pela [ABNT NBR] 6123, vai dar muito mais trabalho. Existe uma questão de coeficientes aerodinâmico, permeabilidade da edificação etc., que mudam significativamente. Você vai ver que aquilo dá muito trabalho para ser feito e exige um conhecimento melhor do que relacionar linhas e colunas. Entende que eu quero dizer?

**Pergunta (Bruno):** Sim. É aproveitando essa parte de norma Crescêncio, hoje não são todas as edificações, que são obrigadas a fazer testes, né? De protótipo, né? É só quando é um caso realmente de fachada, em formato especial ou é uma recomendação?

**Resposta (Crescêncio):** É a norma ela não te condiciona, não te exige a fazer ensaio, né? Contanto que você garanta e que exista um profissional que na hora desenvolver aquela solução, garanta a eficiência, né? E o desempenho previsto para solicitações que aquela esquadria ou vão receber, com responsabilidade técnica e tudo mais. Em geral, a gente, o ensaio é feito quando você desenvolve uma solução que ela é distinta para aquela edificação. Isso às vezes está relacionado com uma geometria diferente,

por exemplo, você precisar ter uma solução meio customizada para aquilo. Quando existe uma exigência do próprio incorporador em relação à documentação técnica que vai dar as garantias, né, para aquele sistema de fachada e tudo mais. Basicamente, é isso, então [...]

**Pergunta (Bruno):** Você já. Algum caso que você dimensionou e de repente foi fazer o teste? Não passou?

**Resposta (Crescêncio):** Não, nenhuma uma vez. Eu já acompanhei um projeto, que não era projeto nosso, ele tinha acho que, eu acho que foram duas. Eu me lembro claramente, era uma obra muito grande e tinha sido dimensionado por um outro profissional, e quando foi fazer um ensaio, ela não passou. Como os ensaios aqui eles são muito concorridos, né? Um dos laboratórios que é o ITEC, ele tem uma fila enorme. Muitas vezes a obra começa antes de fazer o ensaio, então isso, eu lembro disso, porque isso ficou bastante complicado e tiveram que colocar uma ancoragem adicional para poder passar no ensaio. E nessa ocasião, especificamente, a gente viu que houve uma falha de dimensionamento. E uma falha assim, de conceito né? Consideraram que o apoio inferior não rotacionava a condição de contorno. O vínculo ali não rotacionava, quando na verdade ele rotacionava aí e as deflexões ficaram maiores do que havia sido calculado.

**Pergunta (Bruno):** E assim, a gente tem que lutar para ter essa matéria de fachadas na grade de engenharia civil.

**Resposta (Crescêncio):** Ah, é verdade.

**Pergunta (Bruno):** Estava aqui vendo e muita gente vem para o mercado e não tem essa noção, não é?

**Resposta (Crescêncio):** Não, com certeza. Ah, o curso de engenharia ou da arquitetura, de arquitetura. Eles passam por essa questão de esquadrias de uma maneira muito superficial, né? E quando passa, às vezes nem é citado.

**Resposta (Bruno):** Exemplifica o método ali mais informa bem horizontal. Não legal, você vai. Esse do ITEC aí eu fiquei curioso de saber quem foi o calculista.

**Resposta (Crescêncio):** É, deixa para uma próxima, mas a obra era importante. Era uma obra pública bem grande.

**Pergunta (Bruno):** Você comentou isso, e eu lembrei agora daquele caso da marginal Pinheiros, que é o da USP.

**Resposta (Crescêncio):** Do muro da USP?

**Pergunta (Bruno):** O muro da USP que, eu não sei, acho que você que fez o projeto, não foi Crescêncio? De forma filantrópica.

**Resposta (Crescêncio):** Sim, foi, a gente participou do projeto. Sim.

**Resposta (Bruno):** E tem muita, muito pessoal fala. Não sei se, não sei qual que é a real causa dos vidros quebrarem, que o pessoal fala também, não sei, não me situei para falar a verdade Crescêncio.

**Resposta (Crescêncio):** É lá na verdade, eu posso te explicar. Muito se falou, né? E pouco se concluiu a respeito da quebra de vidro dos muros da USP. Então assim, tem várias, tem várias não. Tem duas, na minha opinião, mas só para você ter uma ideia, isso envolveu muitos profissionais da própria USP. Pouca gente falou com propriedade e conclusão, quando a gente fez aquele projeto, a gente dimensionou em relação às ações de vento. É evidente que o vento não quebra aquele vidro porque as quebras de vidro elas nunca ocorreram, nunca ocorreram logo após, por exemplo, incidência de vento forte. Então, se você pensar em dimensionamento da estrutura, dimensionamento dos vidros, isso não, alguém fala assim: “A não, o vidro está subdimensionado.”; “A Estrutura de alumínio está subdimensionado.”; isso não faz o menor sentido, considerando que as quebras elas eram totalmente aleatórias. Aí existem duas, um que foi investigado, mas não chegou a um consenso. É porque o pessoal da USP falava muito em vibração, Bruno, por conta de caminhão,

deslocamento etc. e tal. E vibração é uma coisa muito interessante, né? Por quê vibração, como que você determina?! Primeiro, você determina os modos de vibrar, então, se você falar assim, 10 modos de vibração, você os determina, e aí ele pode te ser torcional, para frente e para trás, puta invertido torcional, como se diz, é junto, enfim, e aí, você para cada modo de vibrar você, um software consegue dar isso para a gente. Você consegue estabelecer a frequência crítica, né? Ou a frequência harmônica que se é citado naquela frequência você tem um deslocamento grande, né? Ou uma tensão excessiva. Só que é, para conjuntos, para modelos, é... vamos dizer assim, muito abordecido, fica muito complicado porque na equação de resposta dinâmica, que é isso que a gente precisa, então eu tenho os modos de vibrar, tenho a frequência crítica, e aí eu vou pegar a frequência crítica, e eu tenho que determinar a frequência de vibração do meio. Então, o que que o caminhão provoca de vibração? O que que o vento provoca de vibração? O que que todo aquele contexto ali provoca de vibração? Vê se algum está relacionado àquela frequência crítica ou não. E simular a resposta dinâmica daquela estrutura, só que uma das coisas mais importantes da resposta dinâmica de vibração, é... Você estabeleceu o coeficiente de amortecimento do vidro, e o vidro está em volta de uma Cacheta de EPDM de uma borracha. Significa que ele é superamortecido, tudo se resume ao seguinte: mesmo que tivesse uma frequência próxima de algum modo de vibração, ainda assim, o amortecimento lá é tão grande de projeto, tá? É tão grande, tão grande que ele não provocaria, por exemplo, as tensões críticas para quebra do vidro. Então a grande discussão foi isso.

**Resposta (Bruno):** É o vandalismo.

**Resposta (Crescêncio):** É. Não, não é o vandalismo. Tem dois aspectos. Aquele projeto foi um projeto político. Ele foi capitaneado pelo Doria, e tinha uma série de “*endlines*” que a gente precisava cumprir, todas as pessoas que estavam envolvidas precisavam cumprir. Não sei se você sabe, mas o primeiro deles é que o Doria precisava inaugurar aquilo no dia 25 de... No aniversário de São Paulo, seria um grande evento de janeiro, 25 de janeiro! No ano em que ele ia, entre aspas, renunciar ao mandato para se candidatar a governador do estado, ele era prefeito na época. Então, assim, tudo precisava ser muito, muito, muito corrido e quando você monta uma esquadria, esquece de pôr borracha. Esquece de pôr caos, esquece de botar

folga etc. Lembra aquele meio elástico que eu te falei? Ele pode não existir, então a borda do vidro pode estar em contato com o perfil de alumínio, com parafuso, com uma esquina com uma série de coisas por quê? Porque naquela velocidade de montagem, houve falhas. É natural. Todo mundo precisa atender, a gente não conseguiu terminar no dia 25 de janeiro, aí foi postergado, teve um monte de coisa e teve muito furto de material, vandalismo, roubo, uma série de coisas que também condicionou a uma situação crítica de instalação dos vidros e por último, é aqueles vidros são vidros temperados. E vidro temperado tem uma coisa chamada ele, ele pode quebrar de forma espontânea e ele quebra exatamente como acontece lá no muro da USP. Normalmente na parte da manhã, Bruno. É que é inclusão de níquel, de estopeto de níquel, no vidro, então.

**Pergunta (Bruno):** Devido ao aumento da temperatura?

**Resposta (Crescêncio):** Devido ao aumento da temperatura. O vidro, ele pode ter essas inclusões, e o que que acontece? Por que que ninguém nunca estudou essas inclusões lá? Porque quando aquele vidro quebra, ele se esfarela e aí ele cai naquele meio daquele matagal lá da USP, cara, para você encontrar uma inclusão que é super pequenininha para comprovar isso, é muito difícil. É mais fácil você detectar o problema de quebra por inclusão de níquel sulfeto quando o vidro é temperado e laminado, sabe? A gente já teve situações disso. Ou quando você faz um ensaio chamado “*heat shock test*”, que naqueles vidros não foi feito. Tudo era de graça, tudo era uma doação. Então a empresa que temperou os vidros, ela nem forno de “*heat shock test*” tinha, quanto mais fazer o ensaio, sabe? Então assim.

**Resposta (Bruno):** Uma série de coisas.

**Resposta (Crescêncio):** Depois você elencar os problemas daquele muro, eu diria, existem problemas de montagem, existe vandalismo e existem quebras espontâneas por Níquel Sulfeto. Não existe problema de dimensionamento, isso nunca foi provado. Eu apresentei para a comissão da USP lá para os para os doutores, para os donos de cadeiras de física, professores etc. E ninguém questiona o método do dimensionamento, nem o nem aquilo que está lá, E aí evidentemente, como aquilo

era público e saiu muito na mídia. Eu sei que tem um trilhão de teorias e comentários a respeito.

**Pergunta (Bruno):** Trazendo isso aqui para o nosso âmbito aqui de construção de edifícios. É uma das perguntas que a gente tinha, as principais causas de patologias. Então a gente pode meio que afirmar que uma das causas que proporciona muitas patologias é talvez a falta de gestão de uma obra, né? Onde a pessoa esteja com a cultura, de se preocupar com a fachada. Com os processos construtivos...

**Resposta (Crescêncio):** É sim. Eu acho que a principal causa de patologias em esquadrias etc. É a qualidade de mão de obra e o acompanhamento, né? Um processo de controle de qualidade, principalmente na obra. Na fábrica existe, né? Acho que é um pouco mais evoluído. Se você pensar em fábricas mais preparadas. Mas na obra isso é um pouco difícil. Muitas vezes, os processos de montagem de uma fachada Bruno, é feito com um balancinho, um acesso restrito, né? Pelo lado externo e tudo mais. E toda vez que você monta uma esquadria e tudo mais, você acaba não vendo o os detalhes dessa montagem, apenas por inspeção visual. É então os procedimentos de acompanhamento de para garantir essa qualidade é, precisam melhorar. Isso é o principal motivo. Qualidade de mão de obra, qualidade de execução. Esse é o principal motivo de problemas de patologia com esquadria.

**Pergunta (Bruno):** Você já pegou de patologia que seja mais grave até hoje, você poderia citar um exemplo, falar assim: “putz, tinha um vidro caindo”, aí eu não sei qual que seria o caso mais grave de uma patologia.

**Resposta (Crescêncio):** Consequência mais grave, normalmente, é desprendimento de pés, seja de vidro, parte da esquadria, coisa desse tipo, como consequência grave. Mas eu já vi coisas assim, absolutamente absurdas que qualquer, como se diz, qualquer pessoa leiga que não seja da área sabe, sabe que que está errado, sabe Bruno? Então, tipo assim, não precisa de um conhecimento profundo. Eu lembro que, no empreendimento em Rondônia, em Porto Velho, as ancoragens, elas eram fixadas com chumbador, né? De chumbador químico no fundo da viga. E lá parece que teve um problema de medida etc. E para você ter uma ideia, tinha uma barra roscada que

fixava a ancoragem, que media assim, tipo, sei lá, 30 cm. Deixa-me ver se eu acho a foto e você vai entender os absurdos, eu não sei se eu tenho ela separada aqui.

**Resposta (Bruno):** No final, a gente volta para a qualidade de gerenciamento.

**Resposta (Crescêncio):** Sim, sim, isso. Isso não é sem dúvida.

**Pergunta (Bruno):** A manutenção durante a vida útil do prédio. Você acha que isso tem um impacto grande? É a manutenção que a gente acaba, que trabalha com prédio. A gente fala, putz, a manutenção é limpeza de fachada. Mas existe algum outro procedimento que se falaria também que durante a vida útil de um prédio, deveria ser feito para acompanhar processos patológicos?

**Resposta (Crescêncio):** É, eu acho que a manutenção ela, uma manutenção e verificação conjunta, né? Com a equipe que faz limpeza e tudo mais, é a verificação das vedações. Ela eu acho que ajudaria muito Bruno, na questão de detectar falhas com problemas de infiltração, sabe? Falhas mecânicas de rigidez, dimensionamento, eu acho que elas não são detectáveis pelo processo de manutenção, geralmente. Pelo processo de limpeza, coisa desse tipo, sabe?!

**Resposta (Bruno):** Sim. É uma coisa que o Rafael mesmo, uma vez disse para a gente. É, quando se tem parafuso aparente, o problema está ali, tem problema escondido.

**Resposta (Crescêncio):** É quando tem parafuso, é um indício, né? Eu acho que é um indício, sim.

**Pergunta (Bruno):** Tem uma pergunta aqui Crescêncio, que eu acho legal. Que conselho você daria para os estudantes de engenharia civil? Que desejam se especializar em fachadas com peles de vidro e cuidar dessas patologias relacionadas?

**Pergunta (Crescêncio):** Nossa, essa é mais difícil, deixa eu só te mostrar aquilo que eu te falei e eu já volto nessa pergunta. Está vendo a minha tela aí, não?

**Resposta (Bruno):** Não, ainda não.

**Pergunta (Crescêncio):** Está vendo agora?

**Resposta (Bruno):** Agora sim.

**Resposta (Crescêncio):** Isso era uma palestra que eu falei sobre qualidade, né? Aí você falou das aberrações, né? Isso aqui, ó [imagem da apresentação], é estoque. Imagina na obra armazenar assim, então a questão de armazenagem.

**Resposta (Bruno):** Super organizado.

**Resposta (Crescêncio):** É, para você ter uma ideia, a diferença aqui de instalação. Nossa! Isso aqui que eu te falei olha [imagem da apresentação], dá uma olhada, na ancoragem e a fixação da ancoragem, de um caixilho, entre vãos.

**Resposta (Bruno):** Ele colocou a tarraxa ali [imagem da apresentação] ...

**Resposta (Crescêncio):** É, está vendo todo esse espaço aqui [imagem da apresentação]? Amassado? Tem torcido. Esses são os absurdos. Outro absurdo, junta dilatação do prédio, e ancoragem da fachada cortina.

**Resposta (Bruno):** Nossa, colocou uma barra, uma barra chata ali [imagem da apresentação] ...

**Resposta (Crescêncio):** Ah, olha isso aqui da esquerda [imagem da apresentação].

**Pergunta (Bruno):** Meu Deus, e isso... Foi feito algum trabalho para corrigir isso?

**Resposta (Crescêncio):** Com certeza, temos que desmontar. Se eu criar um vídeo, se eu não me engano, ó. Isso aqui é vedação.

**Pergunta (Bruno):** Silicone, qualquer um né?

**Resposta (Crescêncio):** Nem silicone era para se ter uma ideia, isso não era silicone.

**Pergunta (Bruno):** Meu Deus, o que era isso aí?

**Resposta (Crescêncio):** Não sei, não era PU também.

**Resposta (Bruno):** Meu Deus.

**Resposta (Crescêncio):** Então só o fato dele estar ali estava errado para você ter uma ideia, então.

**Pergunta (Bruno):** Esse [imagem da apresentação] calço é bom, hein?

**Resposta (Crescêncio):** Esse aqui é.

**Pergunta (Bruno):** É madeira, ou é impressão minha, esse?

**Resposta (Crescêncio):** É alumínio composto ACM.

**Resposta (Bruno):** Ah, é ACM.

**Resposta (Crescêncio):** Aqui é folga.

**Resposta (Bruno):** Meu Deus.

**Resposta (Crescêncio):** Sim, a isso aqui guarda-corpo, eu não sei se sabe, tem uma norma, né? No máximo 10 cm. Esse aqui está 13. Então uma pessoa pode cair daqui.

**Resposta (Bruno):** Espaçamento.

**Resposta (Crescêncio):** É qualidade, tem um monte de aberração. É aberração, tem de monte.

**Resposta (Bruno):** É isso tudo. Eu fico pensando no profissional que acompanhou isso. Assim, deu início a isso.

**Resposta (Crescêncio):** É. É assustador, bem assustador. É isso aqui [imagem da apresentação] é uma fábrica onde eles colavam vidro dentro da obra Bruno.

**Pergunta (Bruno):** Controle de qualidade total, não é?!

**Resposta (Crescêncio):** Então, tem muita, muita coisa errada. É um pouco disso. É qual que era a pergunta mesmo, Bruno?

**Pergunta (Bruno):** Tipo, se for investigar por aí deve ter cada coisa escondido que a gente não faz nem ideia do que tem de bizarro. Qual conselho você daria para os estudantes de engenharia civil que desejam se especializar em fachadas com peles de vidro e lidar com essas patologias relacionadas à fachada?

**Resposta (Crescêncio):** Olha, é, eu acho que esse nosso mercado de esquadilha de alumínio é muito carente de bibliografia, pelo menos de uma maneira mais profunda, né? E como a nossa disciplina, ela não está na grade de nenhum curso, seja de arquitetura ou de engenharia. A melhor forma de você se especializar nessa área é trabalhando numa empresa de segmento, seja uma empresa de projeto ou uma nossa, né, ou numa fábrica de esquadria de alumínio. Todas essas empresas, elas admitem estagiários, engenheiros e tudo mais, e você vai acabar passando por um processo de especialização, trabalhando na própria empresa. Você pode fazer também algum tipo de pós-graduação nessa área e continuar um trabalho de pesquisa, né? Tendo contato com empresas do segmento e tudo mais. Para poder, para poder entender conceito. Lá fora, se eu não me engano, tinha um curso de especialização. Eu, eu não lembro se universidade do Reino Unido que tinha, mas eu lembro que tinha um, inclusive ele foi muito bem recomendado por um amigo meu que era um espanhol que trabalhava numa das principais empresas de fachada cortina

mais globalmente, né? Ela atuou pouco aqui no Brasil. Fez acho que 2 obras. E ela, uma empresa que trabalha mais em, em outros lugares, então tinha esse curso na Inglaterra. E na Espanha, por exemplo, eu não lembro se tinha um curso, mas tem boas literaturas. Eu ganhei Bruno, um livro bastante interessante, deixa eu ver se eu mostro, acabei de ganhar. É esse aqui ó. São fachadas ligeiras, né? É um livro de um espanhol que eu ganhei. Eu ganhei hoje eu vou ler e vou dar uma olhada, mas ele é bastante interessante. Ele é muito pautado em conceitos, em normas europeias e tudo mais. Mas ainda assim, a melhor forma de você formar como um bom profissional é trabalhar na área. É, é a melhor maneira, na minha opinião.

**Resposta (Bruno):** Enfrentar os desafios do dia a dia.

**Pergunta (Bruno):** Bom, agora a última pergunta aqui que o pessoal deixou. É referente ao *Seculum I* mesmo, né? Eles falam que é que no *Seculum I* faltou uma avaliação conjunta dos revestimentos escolhidos, já que teve problema de infiltração na interface, né? É aí eles perguntam, o desenvolvimento do projeto de fachada em ambos os revestimentos pensados de uma maneira independente, prejudicou o sistema de maneira geral. Qual seria o melhor caminho para compor a união perfeita entre esses 2 sistemas? Porque eu não tenho certeza tá Crescêncio, mas eu acho que lá foi independente, né? Acho que você tem, eu não sei se foi você também. Né? Que fez a parte da pele de vidro e o Granito foi provavelmente GMM.

**Resposta (Crescêncio):** GMM, né? É então, lá no *Seculum I*, eu não trabalhei na época de desenvolvimento de projeto e eu já suspeitava disso quando a Eliana me chamou pra ver os problemas de lá. Mas então, do que você perguntou? Sim, o problema lá estava basicamente relacionado a um problema de interface que acontece, Bruno, eu não me lembro exatamente das datas. Depois você dá uma procurada, quer dizer, dá uma procurada não, você sabe, conhece. Mas é o que eu tinha falado com a Eliana naquela época, nem seria uma culpa muito grande do profissional que desenvolveu o projeto, seja do Granito, seja da fachada cortina. Por quê? Ah, lá eu lembro, eu acho que se eu não me engano lá foi Paulo Duarte, eu acho. É porque naquela época a gente costumava fazer essas interfaces se valendo do conceito de vedação, por exemplo, se eu tinha o Granito vedado Bruno, então beleza,

ele estava vedado e se eu vedar esquadria junto ao Granito, a envoltória é o conjunto de tudo estabelece lá a condição de estanqueidade do empreendimento, tá? E obras como o *Seculum I*, e não só o *Seculum I*, mas outras várias foram desenvolvidas naquela época com esse mesmo conceito de integralidade entre os sistemas. E de interdependência do sistema, né? Hoje, para você ter uma ideia, esse conceito foi evoluindo ao longo do tempo e ele é totalmente oposto aquilo que foi feito no *Seculum I*. Tanto que as vedações de um sistema de fachada, elas são totalmente independentes de um outro sistema de revestimento, mesmo que ela esteja no guarda-chuva do mesmo projetista, eu vou dar um exemplo da gente. Às vezes eu tenho situação, de ter uma fachada cortina, que o desenvolvimento é nosso e o revestimento de alumínio composto também é nosso. Só que a gente quando desenvolve as interfaces entre esses dois sistemas, torna eles totalmente independente, seja de estanqueidade, seja estruturalmente falando, da maneira como for, então essa Independência de sistemas é um conceito um pouco mais novo, mas ele é fundamental para que você não tenha problemas de infiltração como a gente teve no *Seculum I*.

**Pergunta (Bruno):** E que você também acha que consiga identificar, né? Separar o que é problema de cada material, digamos assim.

**Resposta (Crescêncio):** Exatamente, se você consegue detectar é melhor, né? De onde vem o problema. E você consegue acionar as garantias de empresas distintas, se for o caso, de maneira mais assertiva, né? Porque às vezes o problema, por exemplo, de uma esquadria, está relacionado a uma deficiência de um outro tipo de revestimento, né? Então, dessa maneira totalmente independente não, se surgir um problema na esquadria, você sabe que é ali que você tem que acionar, e você botar energia para poder resolver.

**Pergunta (Bruno):** É, concordo plenamente. É para mim, é muito mais voltada a cultura. Isso vai evoluindo, né? Com o tempo. Você diria que hoje tem muita coisa ainda que esse setor pode crescer Crescêncio? Tipo, eu vejo agora que acompanho um pouco mais. Eu vejo que sempre tem feira, você participa de bastante, mas eu vejo que tem feira todo ano, né? Feira sobre fachadas, a norma eu acho que vai ser

atualizada tendo mais, acho que mais três segmentos, né? Então, parece que está crescendo bastante esse setor de fachadas. É, eu fico preocupado assim, você acha que o essa leva de pessoas que estão nesse BOOM da construção, que está hoje tendo muita obra, você acha que daqui uns 10, 20 anos você vai ter um prejuízo em relação a isso? Em relação a qualidade?

**Resposta (Crescêncio):** Ah, sim. Isso da mesma maneira. Não sei se eu entendi bem a pergunta, mas da mesma maneira que os empreendimentos novos vão crescendo. É o passivo deixado nos empreendimentos anteriores, né? Por exemplo, seja no conceito, seja na eficiência, seja no problema de mão de obra, seja no que for, eles acabam tendo reflexo. Não, não vou chamar assim. No mercado paralelo Bruno, que acompanha esses empreendimentos, né? Então, por exemplo, existe uma indústria de manutenção, existe uma indústria de reparo, existe uma indústria de projeto para fazer diagnóstico e fazer um plano de reparo eficiente, porque muito dos problemas que foram gerados lá no passado, seja por conceito, falta de qualidade, de mão de obra, de materiais, o que for. Tem reflexo hoje, né? É normal e alguns que estão sendo feito hoje vão ter reflexo daqui a alguns anos. Não sei se era isso que você tinha perguntado.

**Resposta (Bruno):** Não. É exatamente isso, é que hoje. Pelo menos assim, eu não estou tendo muito contato com obras, mas os comentários que eu recebo é que falam: “Ah, o pessoal está muito louco, o pessoal está passando por cima de tudo”. Então você que tem esse contato, que está no dia a dia ali de obra. É, eu imagino que isso vai ter uma consequência um dia.

**Resposta (Crescêncio):** Tem, tem consequência. Eu entendi o que você falou. É sim. O mercado de construção civil, ele é cíclico, né? A gente tem um período de escassez, onde quase não tem obra. E aí o que esse mercado faz, Bruno? Ele dispensa muita gente, né? Ele trabalha sob baixa demanda e tudo mais. Quando o mercado ele é favorável, a quantidade de investimento, lançamento, obra etc., é muito grande e você não tem profissionais, o processo de formação do profissional é lento e você não tem profissional capacitado para fazer tudo isso. E aí o que eles fazem cara, é qualquer profissional, o importante é concluir, é fazer, é entregar. São muitas enormes por conta

de atraso e tudo mais, e a questão de qualidade é deixada de lado, você entrega, tem um time todo que entrega, sabe que vai entregar e tudo mais. Corre faz de qualquer jeito e depois tem um outro lá na frente que vai ter que responder por manutenção, reparo, garantia e tudo mais. É meio que a construção civil ela, infelizmente ela se acomoda a esse sistema de ciclos de demanda extremamente alta, onde a mão de obra não consegue acompanhar toda essa demanda e outros de baixa, onde toda essa mão de obra é dispensada, às vezes profissionais bons são dispensados, somem do mercado, não aparecem mais, tem de tudo. E é uma pena. Eu brinco que alguns incorporadores eles falam assim para mim, né, que quando você entra nesse ciclo de alta, né? Demanda de construção civil. Eles falam que bebe água limpa quem chega primeiro no Lago, sabe ou no lugar. Então quem está chega primeiro deve.

**Resposta (Bruno):** É passarinho que acorda às 05h00, bebe água fresca.

**Resposta (Crescêncio):** É isso aí. Quem chega primeiro bebe água limpa, o resto vai pegar aquela coisa, então é uma correria desenfreada Bruno, para chegar na água limpa, e a gente não tem empresas e profissionais capacitado para toda essa demanda.

**Resposta (Bruno):** É, essa é a realidade do mercado.

**Resposta (Crescêncio):** É a realidade do mercado.

**Resposta (Bruno):** É triste, mas é a verdade. Acho que é isso Crescêncio, para não consumir mais o seu tempo. Agradeço muito toda a atenção que você deu cara, foi sensacional.

**Resposta (Crescêncio):** Imagina! Conta com a gente aí.

**Resposta (Bruno):** Vou fazer uns agradecimentos lá ao Crescêncio.

**Resposta (Crescêncio):** Ah, legal, obrigado. Depois você me manda para eu dar uma lida quando você concluir, depositar, passar pela banca.

**Resposta (Bruno):** É a gente deve concluir, acho que até a metade do mês que vem, no máximo.

**Resposta (Crescêncio):** Ah, que legal.

**Resposta (Bruno):** Agradeço muito a sua atenção Crescêncio, muito obrigado, viu?

**Resposta (Crescêncio):** Imagina, valeu.

**Resposta (Bruno):** Está bom, tenha uma boa semana. Tchau, tchau Crescêncio.

**Resposta (Crescêncio):** Valeu, obrigado, Bruno, para você. Para você também. Tchau, tchau.