

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

- (2) João Inácio Gracioli Guimarães
(3) Wilson José Rosa
(4) Rogério Alves de Paula
(5) Mauro Luiz Roberto de Camargo

Resumo

Atualmente são empregados selantes estruturais, silicone, para colagem de vidros em fachadas estruturadas com perfis de alumínio anodizados, produzindo o conceito de pele de vidro para fachadas de prédios e edifícios. O presente trabalho visa apresentar o resultado de aderência de selante estrutural em superfícies de perfis anodizados, analisando a relação da qualidade da película de anodização em condições diferentes de selagem com o resultado de aderência do silicone.

Palavras Chave: tratamento de superfície; anodizado; estrutural

V Congresso Internacional do Alumínio – Chamada de Trabalhos - Tratamento de Superfície - 24, 25 e 26 de abril de 2012 – São Paulo – Brasil.

(2) Consultor de Engenharia VM\CBA; (3) Supervisor de Processo VM\CBA, (4) Supervisor de Processo VM\CBA; (5) Supervisor Químico VM\CBA

ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL - SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾

1. INTRODUÇÃO

Muitos empreendimentos imobiliários no Brasil e no mundo tem utilizados para seus projetos de fachadas o conceito de pele de vidro, tanto para projetos de grande quanto de médio porte. A fachada em pele de vidro é fundamentada na colagem de vidros através de selante estrutural, silicone, em estruturas de perfis de alumínio, normalmente pintadas ou anodizadas. Os tratamentos de superfícies aplicados, tanto a anodização quanto a pintura, tem a função de conferir a estrutura da pele de vidro durabilidade e desempenho contra os processos corrosivos oriundos de ambientes agressivos ou intempéries da natureza.

Com o desenvolvimento do segmento de construção civil no Brasil, e com os projetos cada vez mais sofisticados e arrojados, o sistema pele de vidro harmoniza a essa tendência no que diz respeito ao grau de modernidade que estas fachadas em vidros instaladas sobre estruturas de alumínio podem conferir aos projetos dos prédios e edificações. A pele de vidro combinada à estrutura de alumínio confere ao projeto o caráter de sofisticado, modernos, e durável.

Para a aplicação do selante estrutural para colagem dos vidros na superfície de alumínio dos perfis, formando assim os painéis que formarão as fachadas, existem uma série de critérios que estabelecem as condições para o tipo de silicone a ser aplicado, as condições de aplicação, e a qualidade do substrato de alumínio a ser aplicado. Essas premissas estão reunidas e apresentadas na ABNT NBR 15737 – Colagem de Vidros com Selante Estrutural. Atender os requisitos dessa normal é obrigatório e fundamental para garantir o desempenho do sistema de fachadas projetadas no conceito de pele de vidro, preservando a resistência à corrosão dos perfis de alumínio bem como a segurança da colagem dos vidros nos painéis, garantido que não ocorra desprendimentos de vidros após a instalação dos painéis nas edificações. Assim como a ABNT NBR15737 que no anexo A apresenta o método de ensaio em laboratório de adesão ‘ peel’, existe a norma usada como padrão internacional que estabelece as diretrizes para os ensaios e testes de adesão de selante estrutural, a ‘ASTM C 794/10 - Standard Test Method for Adhesion-in-Pell of Elastomeric Joint Seal’.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a aderência do selante estrutural, silicone, empregado para a colagem de vidros em perfis de alumínio anodizados, formando os painéis do sistema de pele de vidro, relacionando o resultado de aderência em função da qualidade da película de anodização em condições diferentes de selagem.

Na ABNT NBR 15737 a especificação quanto a tratamento de superfície por anodização prescreve que deve estar de acordo com a norma para produtos anodizados, a ABNT NBR 12609 – Anodização para fins arquitetônicos, que estabelece condições adequadas para os produtos anodizados para aplicações arquitetônicas voltadas para as propriedades de durabilidade e resistência quanto à corrosão. A NBR 12609 não estabelece relação da qualidade da anodização para a eficiência da aderência do silicone. A NBR 15737 considera a premissa que se a anodização estiver conforme quanto às características do produto descritas pela NBR12609, a camada anodizada estará adequada para a colagem do silicone, porém não relaciona se em condições adversas do produto anodizado quanto às especificadas na NBR 12609 isso poderia trazer prejuízos quanto à aderência do silicone.

ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL - SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾

A ABNT NBR 15737 estabelece também que o selante estrutura, silicone, utilizado deve atender as referencias normativas da 'ASTMC1184 – Standard Specification for Structural Silicone Sealants'. A NBR 15737 determina como deve ser realizados os ensaios preliminares de aderência do selante estrutural, as condições de aplicação dele nos quadros colando os vidros, principalmente quanto a isenção de particulados e condições térmicas para aplicação, e que a superfície do alumínio deve ter tratamento superficial. Estabelece também que o valor mínimo de adesão que deve ser obtido nos ensaios é de 4kgf tanto na superfície de alumínio quando no vidro.

Abaixo na figura 1 segue imagem da camada de anodização vista no microscópio eletrônico de varredura.

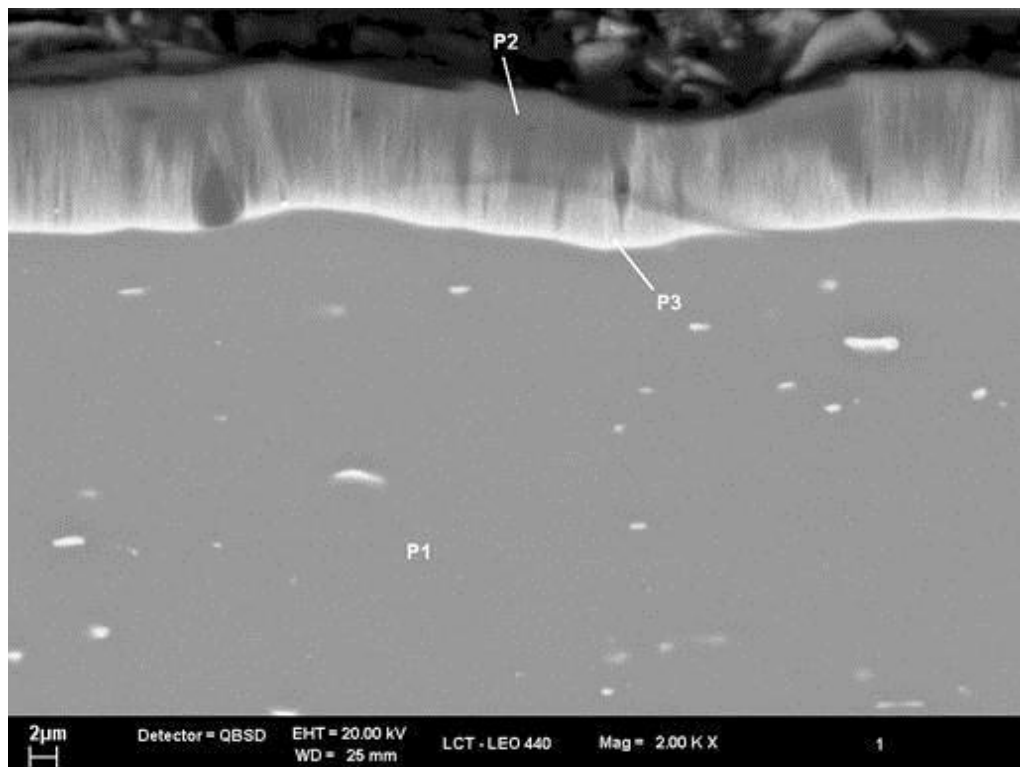


Figura 1: Imagem de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) da camada de óxido de alumínio do processo de anodização da CBA. P1 indicando região do substrato - alumínio base, e P2 e P3 camada de óxido de alumínio.

A figura 2 apresenta ilustração esquemática do progresso de formação da camada de óxido de alumínio produzida na anodização, e a camada barreira de alumínio posicionada na frente de oxidação (base do poro). A selagem é o processo subsequente à etapa de formação da camada de anodização e tem a função de selar os poros criando uma barreira mecânica que confere à camada de anodização as propriedades de resistência à corrosão e, portanto, a propriedades de durabilidade.

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL (1)**

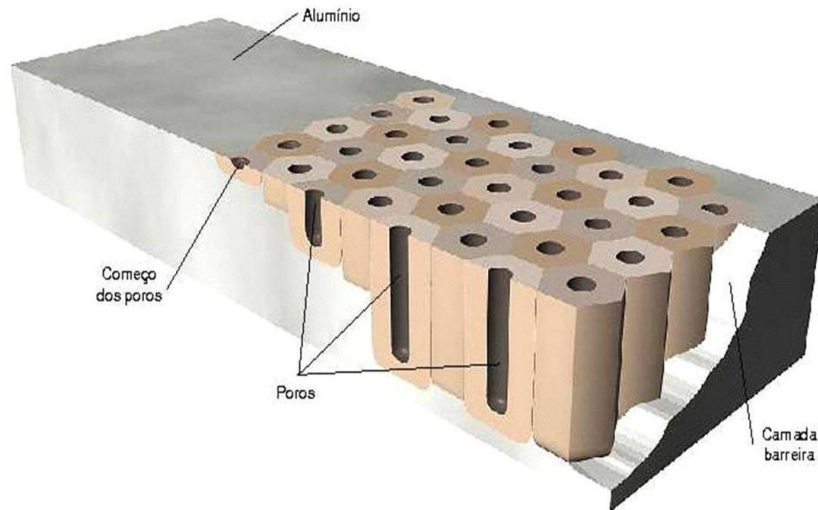


Figura 2: Ilustração esquemática da camada de óxido obtida no processo de anodização.

Na figura 3, 4, e 5 estão representadas também esquematicamente as etapas de selagem da camada de anodização. O processo de selagem empregado nos produtos anodizados da VM/CBA que foram utilizados nesse trabalho é composto por solução à base de sais de níquel e flúor à temperatura ambiente.

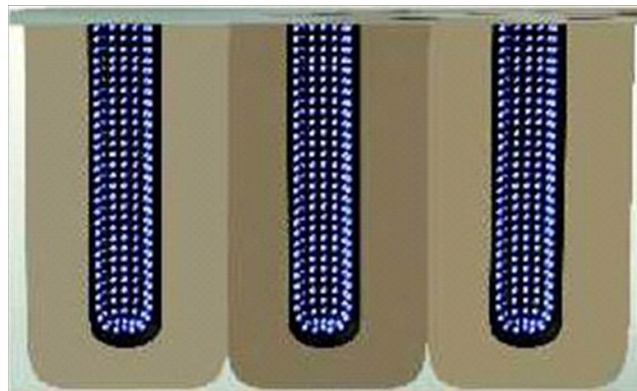


Figura 3 : Formação do gel de selagem nas paredes dos poros.

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

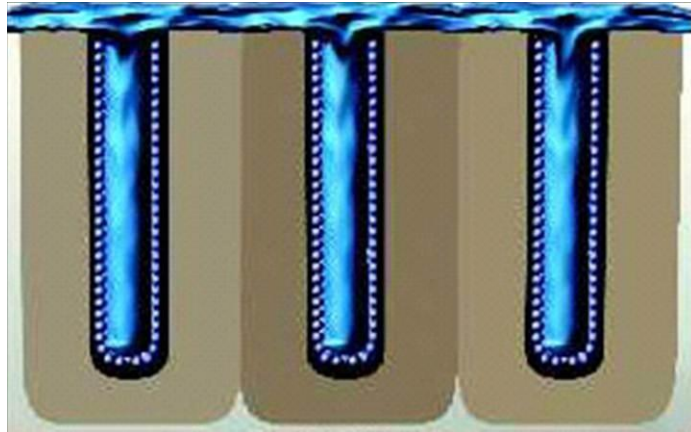


Figura 4 : Camada selada em processo de solidificação.

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

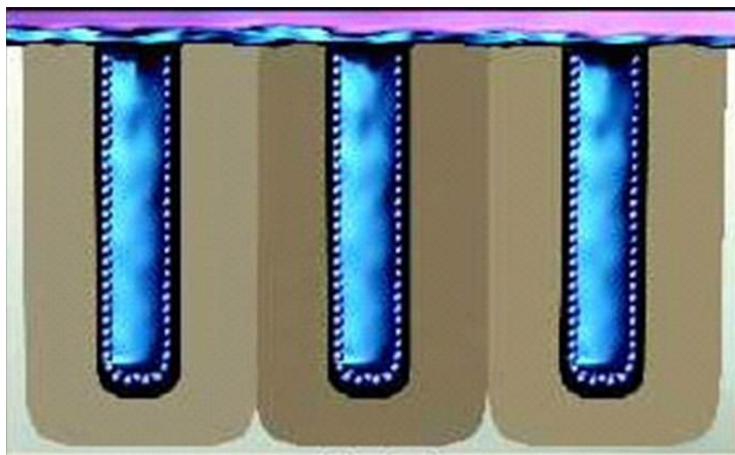


Figura 5: Cristalização completando o processo de selagem

Dessa forma, o presente trabalho apresenta os resultados de adesão de selante estrutural para colagem de vidro em painéis de alumínio em diferentes condições de qualidade de selagem da anodização. O objetivo principal é verificar se uma ausência de selagem ou uma selagem ineficiente podem influenciar na aderência do silicone comprometendo a segurança do sistema de pele de vidro nessa condição.

2. DESENVOLVIMENTOS E MÉTODOS

Os testes de aderência do silicone foram realizados no laboratório independente, Instituto Falcão Bauer da Qualidade, seguindo as normas e procedimentos da 'ASTM C794/10- Standard Test Method for Adhesion-in-Pell of Elastomeric Joint Seal'.

Para analisar a relação de aderência do silicone em várias condições de selagem da camada anodizada, foram especificamente produzidas na planta de anodização da VM/CBA produtos anodizados para esse fim nessas condições. Os mesmos ensaios de aderência foram também realizados em superfícies de perfis isentos de anodização, de forma a conhecermos os resultados como referência de aderência sobre alumínio sem tratamento de superfície de anodização. Foi planejado e produzido amostras para ensaio de aderência nas seguintes condições:

Planejamento experimental:

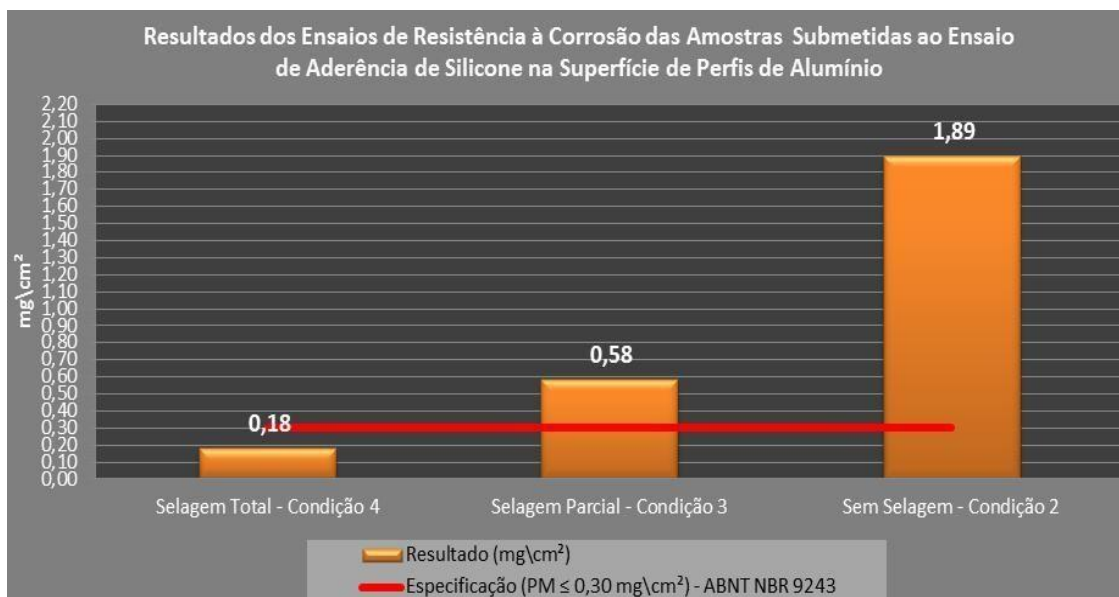
- Condição 1 : Amostras natural sem anodização;
- Condição 2 : Amostra anodizadas sem o processo de selagem;
- Condição 3 : amostras anodizadas parcialmente selada;
- Condição 4 : amostras anodizadas com selagem total.

ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL - SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾

As amostras foram coletadas em quantidades suficientes para análises de comprovação das condições de selagem e para os ensaios de aderência do silicone.

Para a amostragem na condição 1 foi processado lotes de perfis na anodização suprimindo o processo final de selagem, para a condição 2 o processo de selagem foi parcialmente realizado, e para a condição 3 o processo foi integralmente realizado. A condição de selagem é avaliada por processo de simulação de corrosão conhecido como perda de massa padronizado pela ABNT NBR 9243 – Determinação de selagem da anodização pelo método da perda de massa. Nesse ensaio a amostra anodizada é submetida a ataque químico de solução de ácido fosfórico e óxido crômico, sendo avaliado a perda de massa da amostra antes e depois do ensaio. A norma especifica para uma selagem total resultados de perda de massa abaixo de $0,30\text{mg/cm}^2$.

No gráfico 1 abaixo estão os resultados de selagem para as condições de 2, 3 e 4 apresentando as condições de anodização com isenção de selagem, selagem parcial e selagem total respectivamente. Para a condição 1, amostra de perfil natural, que está isenta de anodização logo de selagem, o ensaio de avaliação da selagem não se aplica. Os resultados abaixo apresentados comprovam que as condições de selagem impostas no processo de amostragem puderam ser comprovadas pelos resultados de perda de massa. Para selagem total o resultado deveria ser abaixo de $0,30\text{mg/cm}^2$ sendo obtido na amostra na condição 4 $0,18\text{mg/cm}^2$, para a selagem parcial resultado esperado era acima de $0,30\text{mg/cm}^2$ mas não apresentou perda de massa excessiva ao ensaio de corrosão com valores muito elevados, como acima de 1mg/cm^2 . O resultado de $0,58\text{mg/cm}^2$ para a condição 3 foi coerente com a selagem parcial. Já para a condição de isenção de selagem, condição 2, esperava-se valores de perda de massa elevados apresentando que a amostra não estava selada, o que foi coerente com o resultado de $1,89\text{mg/cm}^2$ obtido.



**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

Figura 6: Gráfico com os valores de perda de massa para as condições 2, 3 e 4.

Dessa forma, a amostragem foi avaliada quantitativamente quanto a perda de massa ao ensaio de corrosão comprovando as condições de selagem esperadas das amostras nas condições 1, 2, e 3.

Para os ensaios no IFBQ as amostras nas condições 1, 2, 3 e 4 foram simplesmente identificadas como tipo 1, 2, 3, e 4. Para cada condição foram utilizadas quatro amostras, num total de 16 amostras utilizadas pelo IFBQ para as análises de aderência para cada tipo de silicone ensaiado. Foi estabelecido para utilização de dois silicões, silicone GE e Dow Corning.

Para os ensaios de aderência foram utilizados os seguintes selantes estruturais já largamente utilizados e comercializados no país:

- Selante A: Selante estrutural de silicone monocomponente, GE SSG4000*AC Ultra Glaze, na cor preta (10336), lote 10N020;
- Selante B: Selante estrutura de silicone para vedação de vidro duplo monocomponente, Dow Corning 3-0117, na cor preta, lote 6299944;

As análises de aderência foram realizadas nas condições abaixo de forma sequenciada e repetindo quatro vezes para cada período de condicionamento conforme ASTM C 794/10.

- 1º período de condicionamento:

168 horas a temperatura ambiente de 23°C e 52% de umidade relativa, com posterior remoção inicial por tração de 100 mm de comprimento de filme de silicone aplicado nas amostras.

- 2º período de condicionamento:

Após o primeiro condicionamento, os mesmos corpos de prova submetidos ao primeiro período foram imersos por 24 horas em água destilada e efetuada nova remoção por tração de 100 mm de comprimento de filme de silicone aplicado nas amostras.

- 3º período de condicionamento:

Após o segundo condicionamento, os mesmos corpos de prova submetidos ao segundo condicionamento, foram imersos por 144h em água destilada, totalizando assim às 168 horas de imersão, sendo efetuada a remoção final por tração dos 100 mm de comprimento restantes de filme de silicone aplicado nas amostras.

3. RESULTADOS

Resultados obtidos para amostras dos tipos 1, 2, 3, e 4 que equivalem as amostras nas condições 1, 2, 3 e 4.

Critério de análise do resultado: não havendo desprendimento da camada de silicone aplicada na superfície do alumínio durante o ensaio de tração para análise de aderência, o resultado é coesivo. Os valores de força apresentados são evidências dos ensaios de tração, não são critérios de coesão conforme ASTM C 794/10.

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

3.1 Resultados Utilizando o Silicone da GE SSG 4000*AC Resultados conforme relatório IFBQ de ensaio N° ELA/L-209.725/11.

3.1.1 Condição 1 – tipo 1 : perfil de alumínio sem anodização.

- Após cura de 168h a 23°C.

Amostra	Valores Encontrados		
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	Resultado
1	29,8	17,2	Coesivo
2	27,6	23,8	
3	26,3	22,5	
4	33,8	16,4	
Média	29,4	20,0	-----

Tabela 1: Resultados das amostras de perfil sem anodização após 1° condicionamento.

- Após Cura de 168 horas a 23°C e 24 horas de imersão em água destilada.

Amostra	Valores Encontrados		
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	Resultado
1	18,0	14,9	Coesivo
2	24,5	21,2	
3	17,4	13,3	
4	15,1	11,8	
Média	18,7	15,3	-----

Tabela 2: Resultados das amostras de perfil sem anodização após 2° condicionamento.

- Após cura de 168 horas a 23°C e 168 horas de imersão em água destilada.

Amostra	Valores Encontrados		
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	Resultado
1	19,2	16,1	Coesivo
2	22,0	14,0	
3	19,7	9,0	
4	16,5	14,4	
Média	19,3	13,4	-----

Tabela 3: Resultados das amostras de perfil sem anodização após 3° condicionamento.

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

3.1.2 Condição 2 – tipo 2 : perfil de alumínio anodizado sem selagem.

- Após cura de 168 h a 23°C.

Amostra	Valores Encontrados		Resultado
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	
1	32,3	28,0	Coesivo
2	28,2	13,0	
3	18,3	16,1	
4	19,1	16,0	
Média	24,5	18,3	-----

Tabela 4: Resultados das amostras de perfil anodização sem selar após 1º condicionamento.

- Após Cura de 168 horas a 23°C e 24 horas de imersão em água destilada.

Amostra	Valores Encontrados		Resultado
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	
1	16,8	12,5	Coesivo
2	15,2	13,6	
3	14,0	12,6	
4	15,7	13,7	
Média	15,4	13,1	-----

Tabela 5: Resultados das amostras de perfil anodização sem selar após 2º condicionamento.

- Após cura de 168 horas a 23°C e 168 horas de imersão em água destilada.

Amostra	Valores Encontrados		Resultado
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	
1	15,5	13,9	Coesivo
2	16,0	14,0	
3	16,7	13,8	
4	14,7	13,0	
Média	15,7	13,7	-----

Tabela 6: Resultados das amostras de perfil anodização sem selar após 3º acondicionamento.

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

3.1.3 Condição 3 – tipo 3 : perfil de alumínio anodizado com selagem parcial.

- Após cura de 168h a 23°C.

Amostra	Valores Encontrados		
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	Resultado
1	15,6	14,2	Coesivo
2	15,9	14,3	
3	20,5	17,7	
4	30,5	15,4	
Média	20,6	15,4	-----

Tabela 7: Resultados das amostras de perfil anodização com selagem parcial após 1º condicionamento.

- Após Cura de 168 horas a 23°C e 24 horas de imersão em água destilada.

Amostra	Valores Encontrados		
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	Resultado
1	16,0	13,4	Coesivo
2	16,2	13,9	
3	16,2	12,6	
4	14,8	13,2	
Média	15,8	13,2	-----

Tabela 8: Resultados das amostras de perfil anodização com selagem parcial após 2º condicionamento.

- Após cura de 168 horas a 23°C e 168 horas de imersão em água destilada.

Amostra	Valores Encontrados		
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	Resultado
1	13,9	10,7	Coesivo
2	15,7	13,7	
3	15,0	12,6	
4	15,2	10,6	
Média	14,9	11,9	-----

Tabela 9: Resultados das amostras de perfil anodização com selagem parcial após 3º condicionamento.

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

3.1.4 Condição 4 – tipo 4 : perfil de alumínio com selagem total.

- Após cura de 168h a 23°C.

Amostra	Valores Encontrados		
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	Resultado
1	16,4	14,3	Coesivo
2	27,5	14,6	
3	38,0	22,7	
4	33,1	21,3	
Média	28,7	18,2	-----

Tabela 10: Resultados das amostras de perfil anodização com selagem total após 1º condicionamento.

- Após Cura de 168 horas a 23°C e 24 horas de imersão em água destilada.

Amostra	Valores Encontrados		
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	Resultado
1	12,0	10,7	Coesivo
2	15,0	12,7	
3	15,5	13,7	
4	15,3	11,6	
Média	14,5	12,8	-----

Tabela 11: Resultados das amostras de perfil anodização com selagem total após 2º condicionamento.

- Após cura de 168 horas a 23°C e 168 horas de imersão em água destilada.

Amostra	Valores Encontrados		
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	Resultado
1	12,9	10,8	Coesivo
2	14,5	12,4	
3	16,8	14,2	
4	15,3	13,6	
Média	14,9	12,8	-----

Tabela 12: Resultados das amostras de perfil anodização com selagem total após 3º condicionamento.

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

3.2 Resultados Utilizando o Silicone da Dow Corning 3-0117
Resultados conforme relatório IFBQ de ensaio N° ELA/L-209.734/11.

3.2.1 Condição 1 – tipo 1 : perfil de alumínio sem anodização

- Após cura de 168h a 23°C.

Amostra	Valores Encontrados		
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	Resultado
1	28,6	14,9	Coesivo
2	34,5	22,8	
3	26,6	22,0	
4	31,7	25,7	
Média	30,4	21,4	-----

Tabela 13: Resultados das amostras de perfil sem anodização após 1° condicionamento.

- Após Cura de 168 horas a 23°C e 24 horas de imersão em água destilada.

Amostra	Valores Encontrados		
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	Resultado
1	20,0	12,2	Coesivo
2	23,5	12,8	
3	21,8	17,4	
4	17,4	15,3	
Média	20,6	14,4	-----

Tabela 14: Resultados das amostras de perfil sem anodização após 2° condicionamento.

- Após cura de 168 horas a 23°C e 168 horas de imersão em água destilada.

Amostra	Valores Encontrados		
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	Resultado
1	18,4	12,8	Coesivo
2	13,4	10,9	
3	20,9	18,3	
4	16,5	14,8	
Média	17,3	14,2	-----

Tabela 15: Resultados das amostras de perfil sem anodização após 3° condicionamento.

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

3.2.2 Condição 2 – tipo 2 : perfil de alumínio anodizado sem selagem

- Após cura de 168h a 23°C.

Amostra	Valores Encontrados		Resultado
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	
1	46,0	19,5	Coesivo
2	20,7	12,4	
3	31,5	15,2	
4	35,0	25,2	
Média	33,3	18,1	-----

Tabela 16: Resultados das amostras de perfil anodizado sem selar após 1º condicionamento.

- Após Cura de 168 horas a 23°C e 24 horas de imersão em água destilada.

Amostra	Valores Encontrados		Resultado
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	
1	14,1	9,6	Coesivo
2	11,0	7,6	
3	15,4	9,7	
4	15,8	9,7	
Média	14,1	9,2	-----

Tabela 17: Resultados das amostras de perfil anodizado sem selar após 2º condicionamento.

- Após cura de 168 horas a 23°C e 168 horas de imersão em água destilada.

Amostra	Valores Encontrados		Resultado
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	
1	13,7	10,2	Coesivo
2	13,2	9,6	
3	16,4	12,0	
4	14,9	10,6	
Média	14,6	10,6	-----

Tabela 18: Resultados das amostras de perfil anodizado sem selar após 3º condicionamento.

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

3.3.3 Condição 3 – tipo 3 : perfil de alumínio anodizado com selagem parcial

- Após cura de 168h a 23°C.

Amostra	Valores Encontrados		Resultado
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	
1	38,3	15,6	Coesivo
2	20,5	15,0	
3	34,0	17,1	
4	40,0	21,4	
Média	33,2	17,3	-----

Tabela 19: Resultados das amostras de perfil anodizado com selagem parcial após 1º condicionamento.

- Após Cura de 168 horas a 23°C e 24 horas de imersão em água destilada.

Amostra	Valores Encontrados		Resultado
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	
1	14,5	11,8	Coesivo
2	14,9	11,8	
3	12,5	7,2	
4	10,5	8,2	
Média	13,1	9,7	-----

Tabela 20: Resultados das amostras de perfil anodizado com selagem parcial após 2º condicionamento.

- Após cura de 168 horas a 23°C e 168 horas de imersão em água destilada.

Amostra	Valores Encontrados		Resultado
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	
1	11,8	10,1	Coesivo
2	11,5	8,6	
3	13,1	11,2	
4	13,7	10,8	
Média	12,5	10,2	-----

Tabela 21: Resultados das amostras de perfil anodizado com selagem parcial após 3º condicionamento.

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

3.2.4 Condição 4 – tipo 4 : perfil de alumínio com selagem total.

- Após cura de 168h a 23°C.

Amostra	Valores Encontrados		Resultado
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	
1	16,0	9,4	Coesivo
2	31,1	19,0	
3	36,6	27,7	
4	30,7	18,6	
Média	28,6	18,7	-----

Tabela 22: Resultados das amostras de perfil anodizado com selagem total após 1º condicionamento.

- Após Cura de 168 horas a 23°C e 24 horas de imersão em água destilada.

Amostra	Valores Encontrados		Resultado
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	
1	12,4	8,5	Coesivo
2	12,1	9,7	
3	12,7	9,6	
4	14,2	9,3	
Média	12,8	9,3	-----

Tabela 23: Resultados das amostras de perfil anodizado com selagem total após 2º condicionamento.

- Após cura de 168 horas a 23°C e 168 horas de imersão em água destilada.

Amostra	Valores Encontrados		Resultado
	Força máxima (lbf)	Força Média (lbf)	
1	13,8	11,4	Coesivo
2	14,5	12,3	
3	13,3	9,9	
4	12,0	10,4	
Média	13,4	11,0	-----

Tabela 23: Resultados das amostras de perfil anodizado com selagem total após 3º condicionamento.

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

3.2.5 – Imagens durante o ensaio de aderência com o Silicone da GE SSSG 4000
*AC. Exemplificação de um dos ensaios.

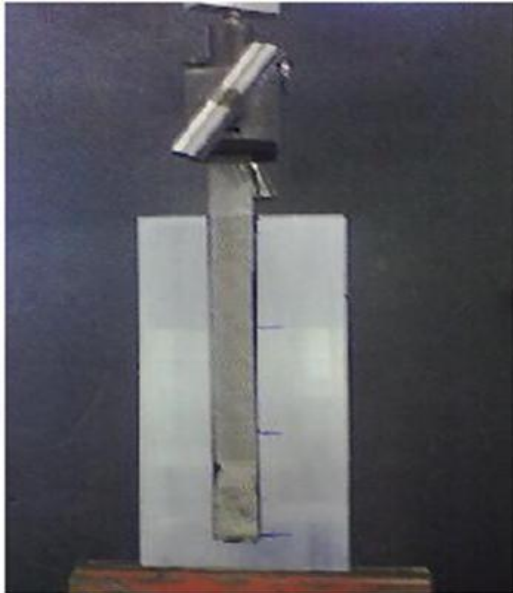


Figura 7: Amostra durante a realização do ensaio de força de adesão “peel” 180°, após cura de 168 horas a 23°C.

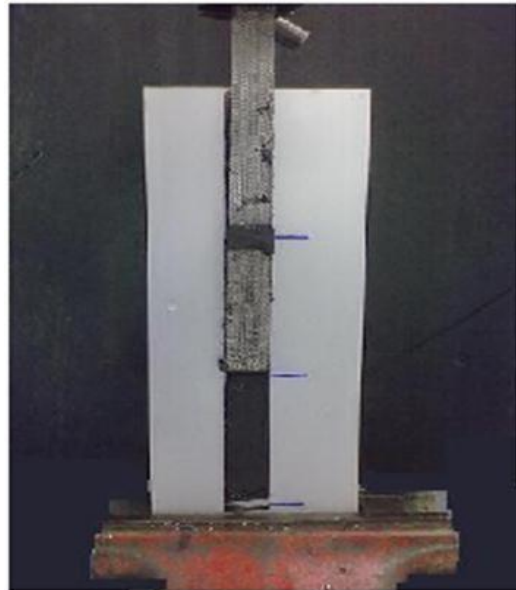


Figura 8: Amostra durante a realização do ensaio de força de adesão “peel” 180°, após cura de 168 horas a 23°C e 24 horas de imersão em água destilada.

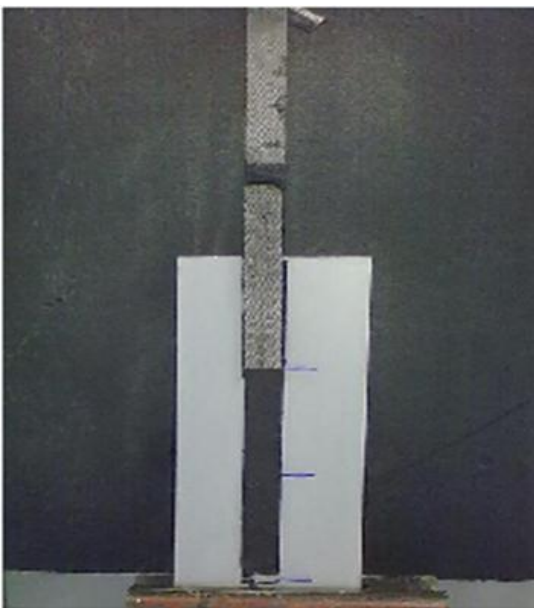


Figura 9: Amostra durante a realização do ensaio de força de adesão ‘peel’ 180° após cura de 168 horas a 23°C e 168 horas de imersão em água destilada.

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

3.2.6 – Imagens durante o ensaio de aderência com o Silicone da Dow Cornig 3-117. Exemplificação de um dos ensaios.

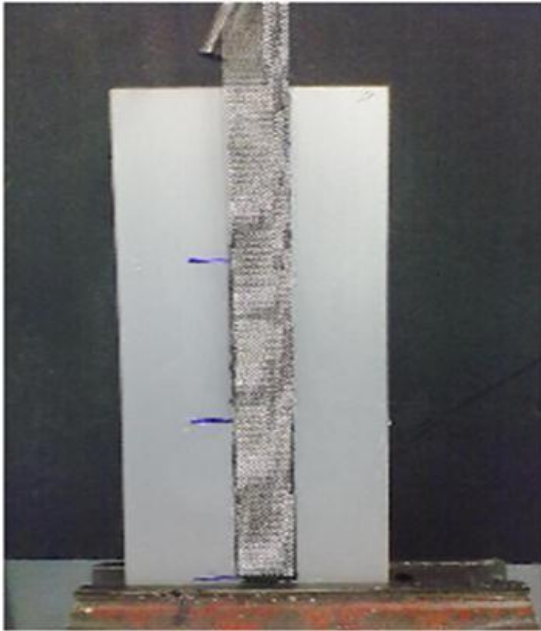


Figura 7: Amostra durante a realização do ensaio de força de adesão “peel” 180°, após cura de 168 horas a 23°C.

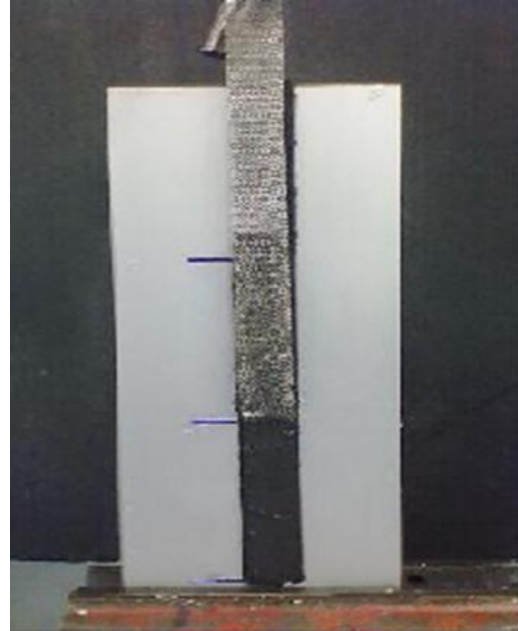


Figura 8: Amostra durante a realização do ensaio de força de adesão “peel” 180°, após cura de 168 horas a 23°C e 24 horas de imersão em água destilada.

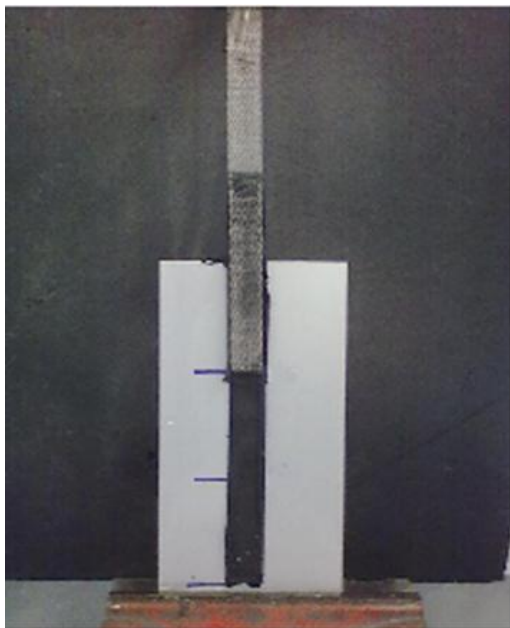


Figura 12: Amostra durante a realização do ensaio de força de adesão ‘peel’ 180° após cura de 168 horas a 23°C e 168 horas de imersão em água destilada.

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

Para ambos os silicones, GE SSG 4000*AC e Dow Corning 3-0117, para as condições 1, 2, 3, e 4 das amostras submetidas em todos os condicionamentos de ensaios para verificação da adesão conforme ASTM C 794/10, os resultados foram coesivos.

4. CONCLUSÕES

Com os resultados apresentados considerando em conformidade as premissas de preparação e aplicação do silicone, a qualidade da selagem de superfícies anodizadas em nada interfere nos resultados de adesão. Até mesmo em superfícies anodizadas isentas de selagem, e mesmo em superfícies de alumínio sem camada anódica o silicone é perfeitamente coesivo. Dessa forma, o presente trabalho apresenta dados concretos com análises técnicas de que a adesão do silicone nada se relaciona com a qualidade da selagem da camada anódica de produtos anodizados conforme objetivo proposto. Elimina as suposições de que possíveis imperfeições na selagem poderiam acometer infiltrações de água na camada anódica durante os ensaios à húmido e comprometer a adesão do selante estrutural, analogamente comprometer a aplicação dos painéis de pele de vidro na construção civil expostos à ação da natureza.

A adesão do selante estrutural com a superfície de alumínio anodizados está única e exclusivamente, conforme provado nesse trabalho, relacionada ao preparo do selante e as suas condições de aplicação que devem ser rigorosamente controladas conforme requisitos de referências normativas.

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

5. BIBLIOGRAFIA

- 1) **Relatório de ensaio nº ELA/L-209.725/11** – Selante – Adesão Peel para a Companhia Brasileira de Alumínio – Execução dos ensaios 27/06/2011 a 01/08/2011.
- 2) **Relatório de ensaio nº ELA/L-209.734/11** – Selante – Adesão Peel para a Companhia Brasileira de Alumínio. Execução dos ensaios 27/06/2011 a 01/08/2011.
- 3) **Guia técnico de alumínio: tratamento de superfície**; vol. 3. – 2.^a Ed. – São Paulo: ABAL – Associação Brasileira do Alumínio, 2005.
- 4) **ASTM C 794/10** - Standard Test Method for Adhesion-in-Pell of Elastomeric Joint Seal'.
- 5) **ASTMC1184** – Standard Specification for Structural Silicone Sealants.
- 6) **ABNT NBR 15737** – Colagem de Vidros com Selante Estrutural.
- 7) **ABNT NBR 12609** – Alumínio e suas ligas - Anodização para fins arquitetônicos.

**ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE SELANTE ESTRUTURAL
- SILICONE, NA SUPERFÍCIE DE PERFIS DE ALUMÍNIO
ANODIZADOS PARA COLAGEM DE VIDROS NA
CONSTRUÇÃO CÍVIL ⁽¹⁾**

**ADHESION ANALYSIS OF STRUCTURAL SEALANT- SILICONE, IN
SURFACE OF ANODIZED ALUMINUM PROFILES FOR GLASS GLUING IN
THE CIVIL CONSTRUCTION (1)**

(2) João Inácio Graciolli Guimarães

(3) Wilson José Rosa

(4) Rogério Alves de Paula

(5) Mauro Luiz Roberto de Camargo

ABSTRACT

Nowadays are employed by structural sealants, silicone, for glass gluing in face of a building structure with anodized aluminum profiles, producing the concept of skin of glass for face of buildings. This work aims to present the result of structural sealant adhesion in anodized profiles surfaces, analyzing the relationship of quality of anodizing film under different conditions of sealing with the result of silicone adhesion.

Keywords: surface treatment; anodizing; structural sealants.

**(1) V International Congress of Aluminum - Call for Papers - 24, 25 e 26 April 2012
- Sao Paulo - Brazil.**

(2) Engineering consultant VM\CBA; (3) Process supervisor VM\CBA VM\CBA, (4) Process supervisor VM\CBA; (5) Chemical supervisor VM\CBA.