

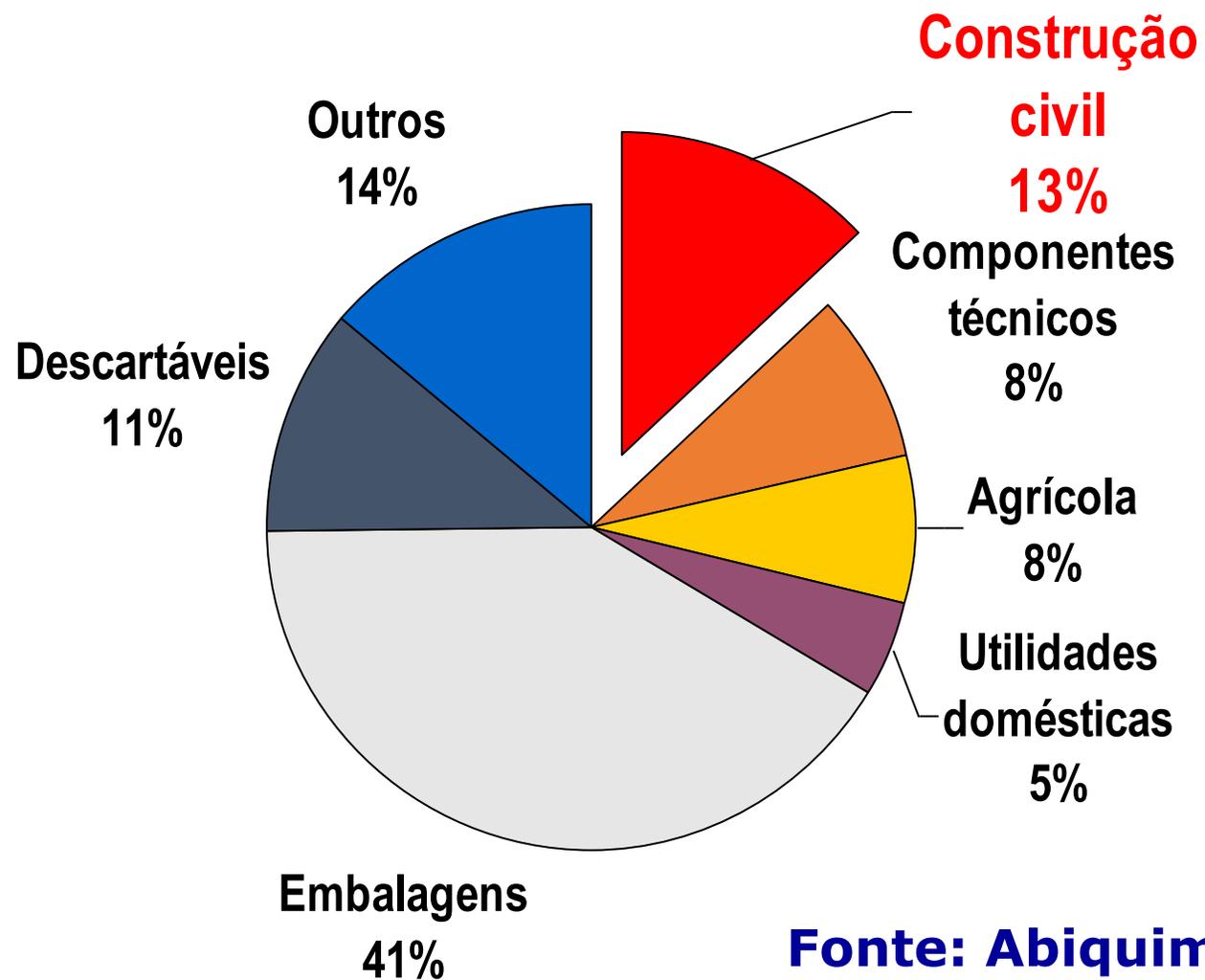
Plásticos - PVC

Antonio Figueiredo &
Renata Monte

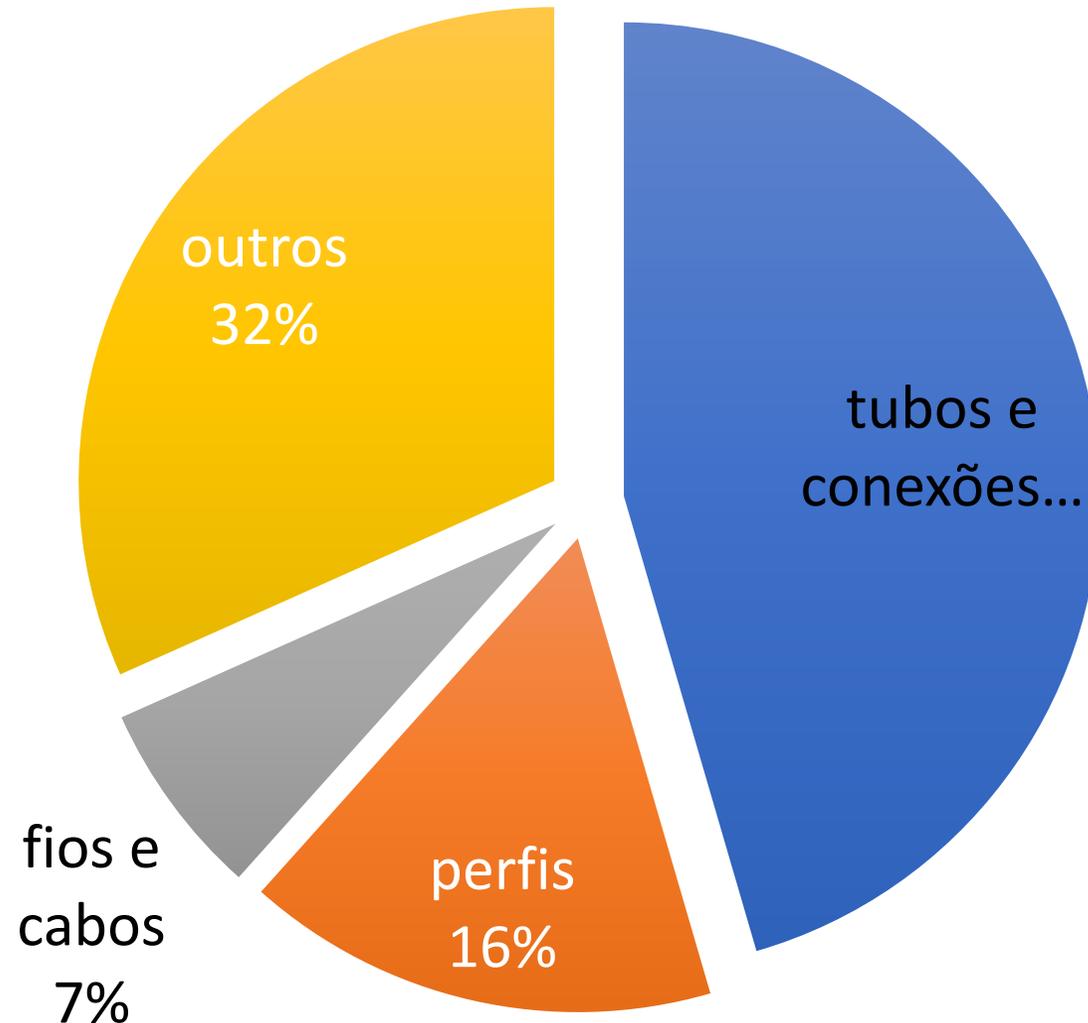
**Estrutura
molecular
X
Propriedades**



Demanda brasileira



70% produção do PVC é destinada para a construção

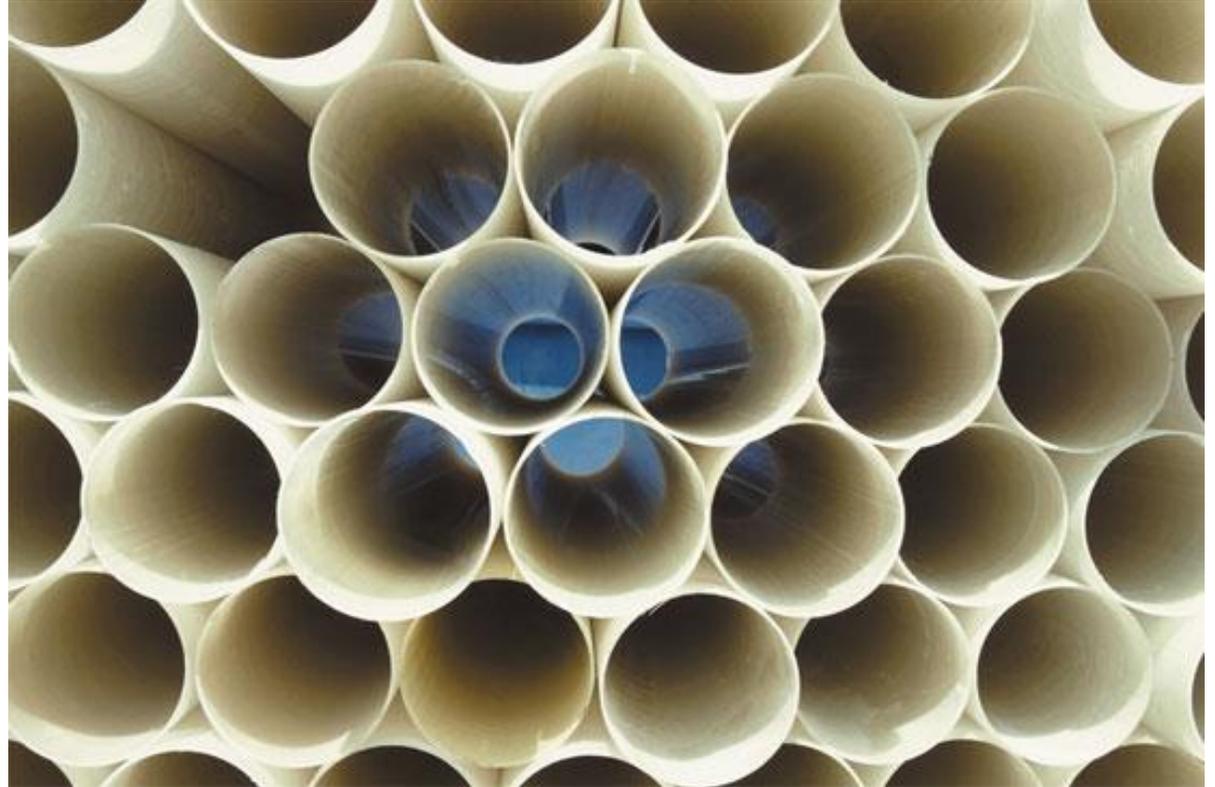


Fonte: Instituto PVC

Tubos de PVC



<https://www.youtube.com/watch?v=uXzzLdfC9s4>



http://www.kalipedia.com/tecnologia/tema/mecanizacion-plasticos.html?x=20070822klpingtcn_42.Kes&ap=6

Esquadrias de PVC



www.pinterest.com

Perfil de PVC

Vidros Simples ou Duplos

Cantos Soldados (estanqueidade)

Vedação de EPDM

Reforço interno em aço galvanizado

Câmaras de Ar internas



www.breezespvc.com.br

Painéis de vedação em PVC



Painéis PVC preenchidos com concreto

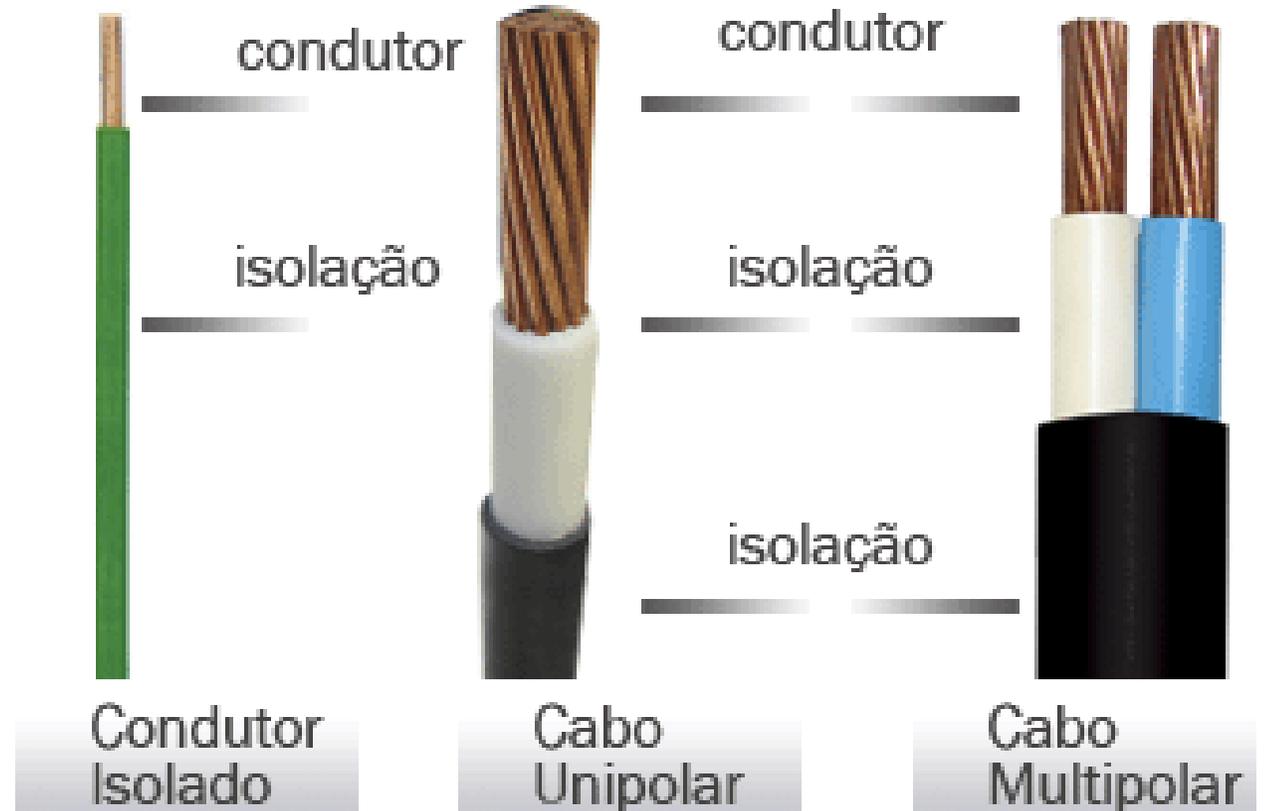
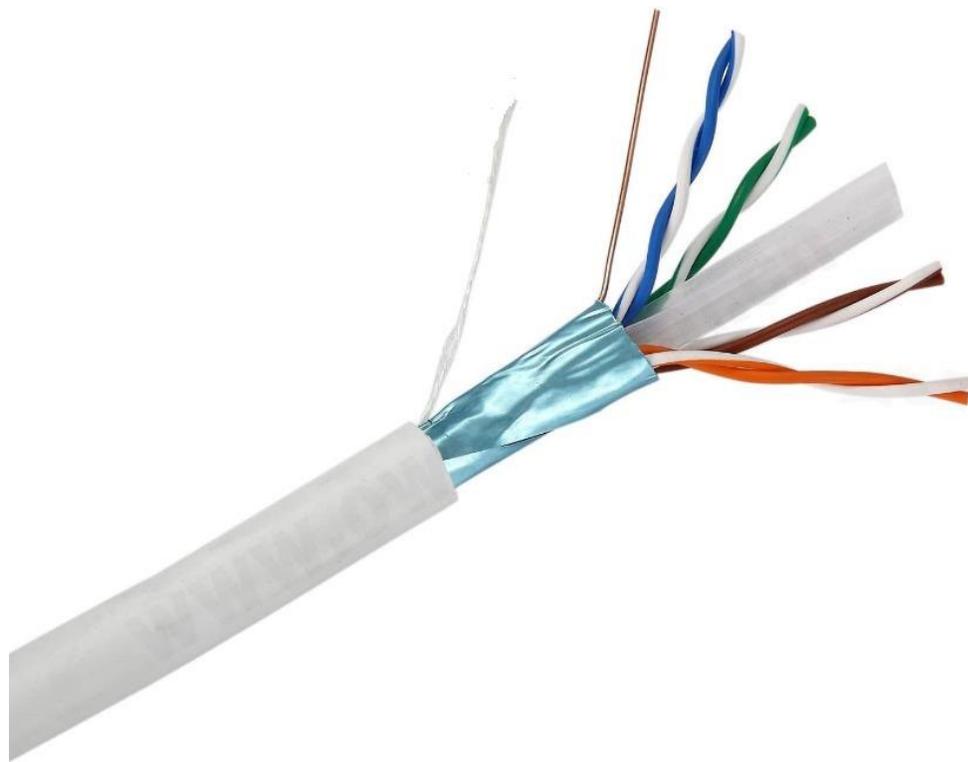
<http://joinville.olx.com.br/casa-concreto-pvc-iid-125219598>

Membranas de PVC para impermeabilização

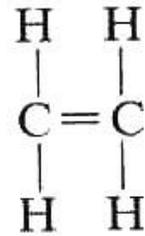


<https://selectrenovations.build/pvc-roofing-membrane-benefits/>

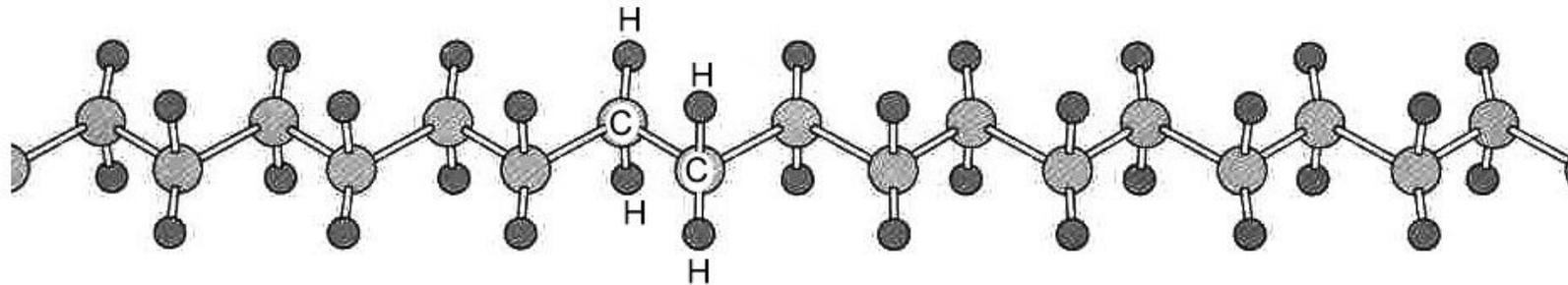
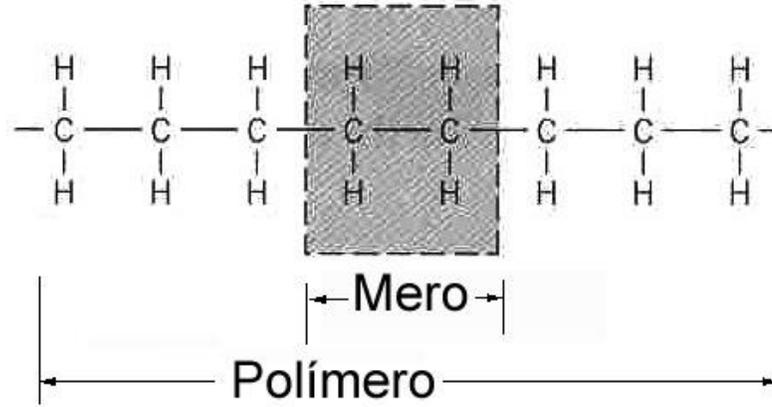
Isolamento dos Cabos Elétricos e de Rede (PVC)



Monômero, Mero e Polímero

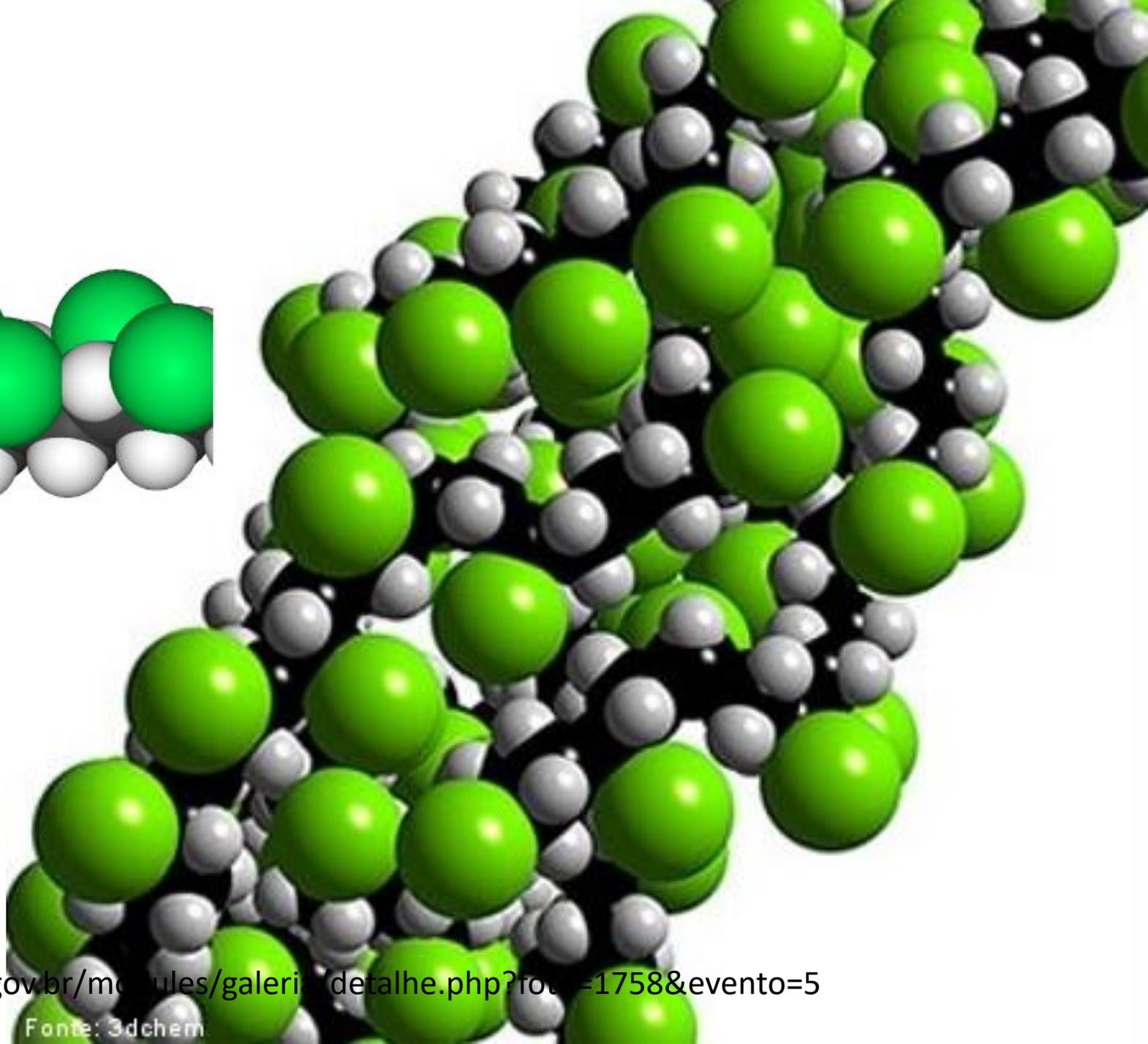
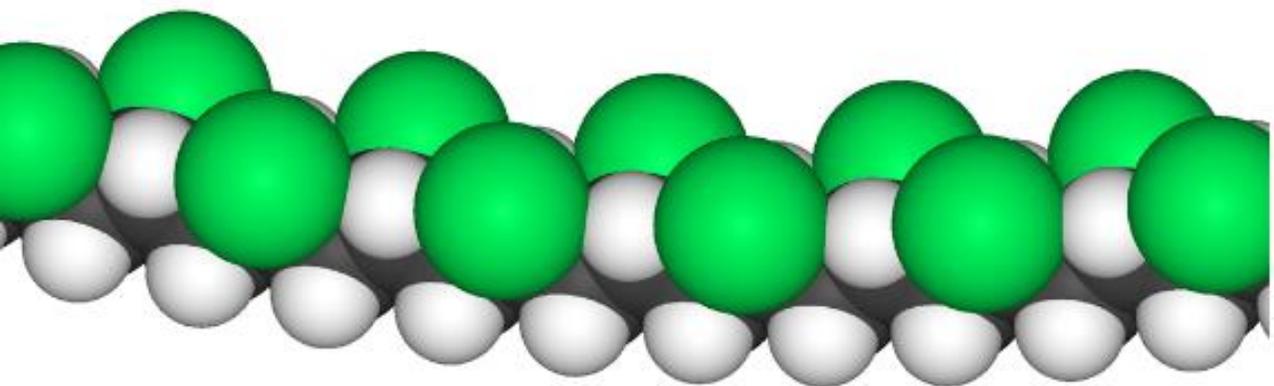


Monômero



Molécula de polietileno

PVC

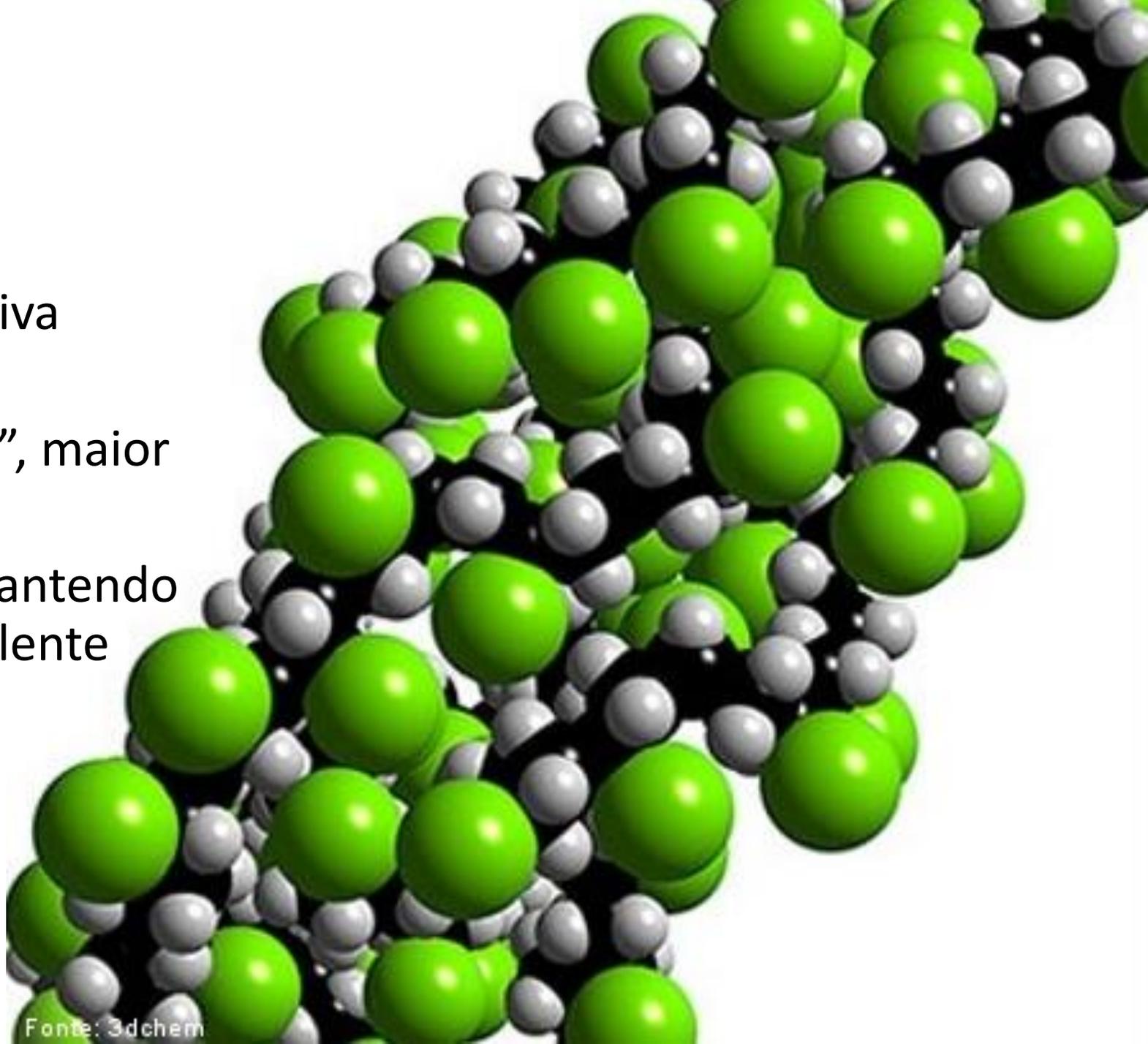


<http://www.quimica.seed.pr.gov.br/module/galeria/detalhe.php?rod=1758&evento=5>

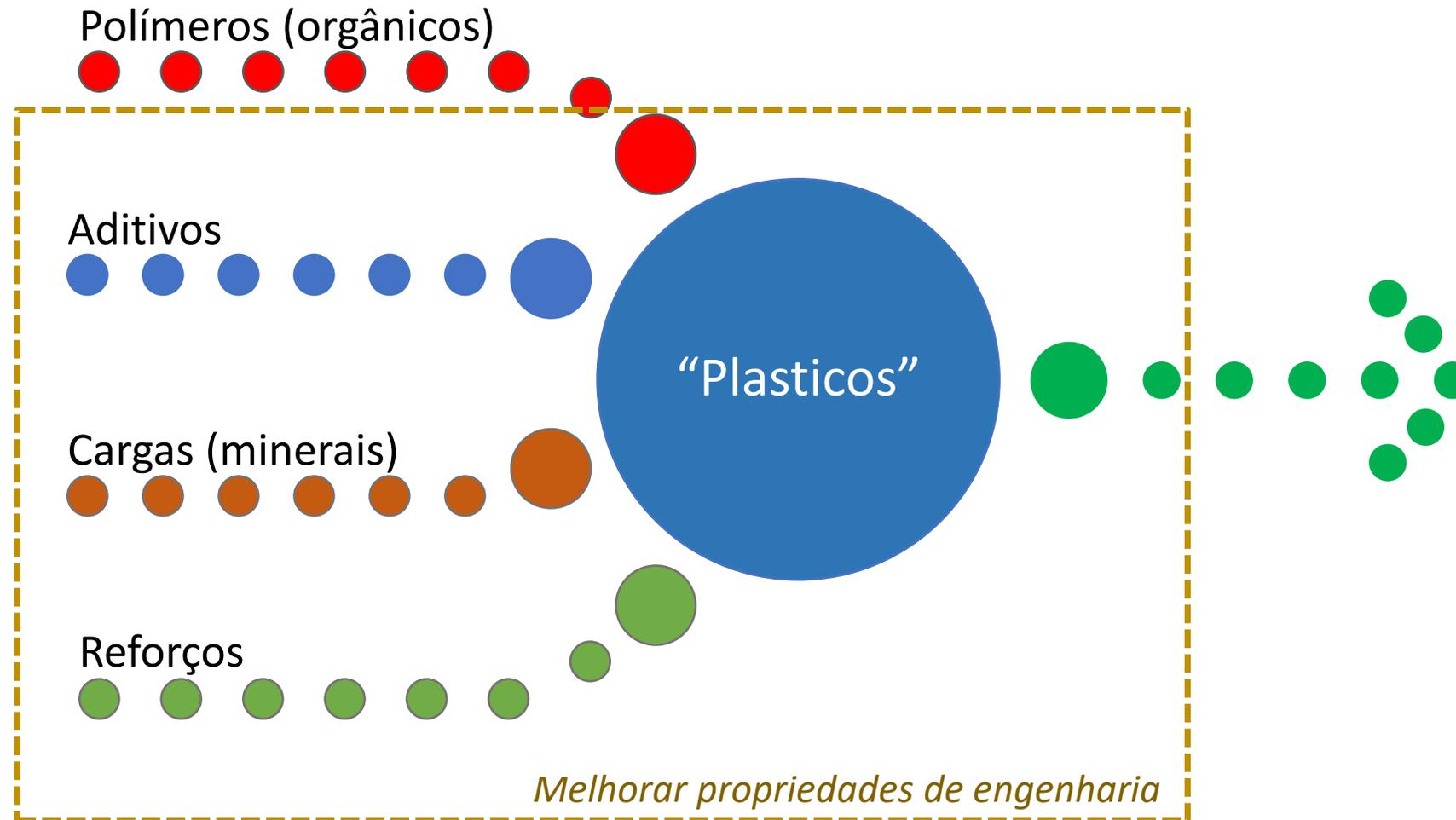
Fonte: 3dchem

Polímeros

- Grande mobilidade relativa entre moléculas.
- Quanto maior o “espaço”, maior a mobilidade
- Capacidade de torção mantendo o ângulo da ligação covalente com C.



Materiais poliméricos na construção tendem a ser compósitos: Plásticos



Tipos de aditivos

- Estabilizadores
 - Controlam a deterioração dos polímeros
 - Na fabricação ou no uso
 - Raios UV (TiO_2 – rutilo)
 - Oxidação (ABS, polietilenos e poliestireno)
 - Calor durante processamento
 - No PVC: evita a remoção do H e do Cl durante o processamento

Tipos de Aditivos

- Pigmentos



- compatibilidade
- retenção cor
- Devem possuir
 - ↑ estabilidade química,
 - ↑ estabilidade à temperatura e à pressão

- Antiestáticos

- Polímeros são maus condutores,
- acumulam eletricidade estática
- atraem a umidade do ar
- ↑ **Condutividade**

Tipos de Aditivos

- **Cargas**

- Alteram propriedades mecânicas
 - Diminuem a capacidade de deformação
 - Aumentam a rigidez
- Exemplos:
 - Negro de fumo em pneus
 - Talco em polipropileno
 - Carbonato de cálcio em PVC
- Aumentam o rendimento resina
 - $\text{Ca}(\text{CO})_3$, sílica e argila

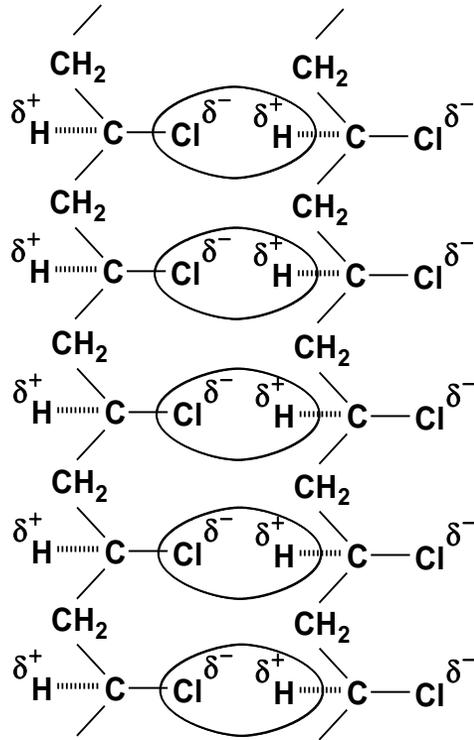
- **Plastificantes**

- Cadeias de baixo peso molecular
- Reduzem as forças de van der Waals entre as cadeias
- Reduzem a T_g
- Produção: conformação
 - $TG_{\text{PVC}} > \text{temp. ambiente}$
- Em uso
 - $< E$
 - comportamento plástico
 - afetam a durabilidade

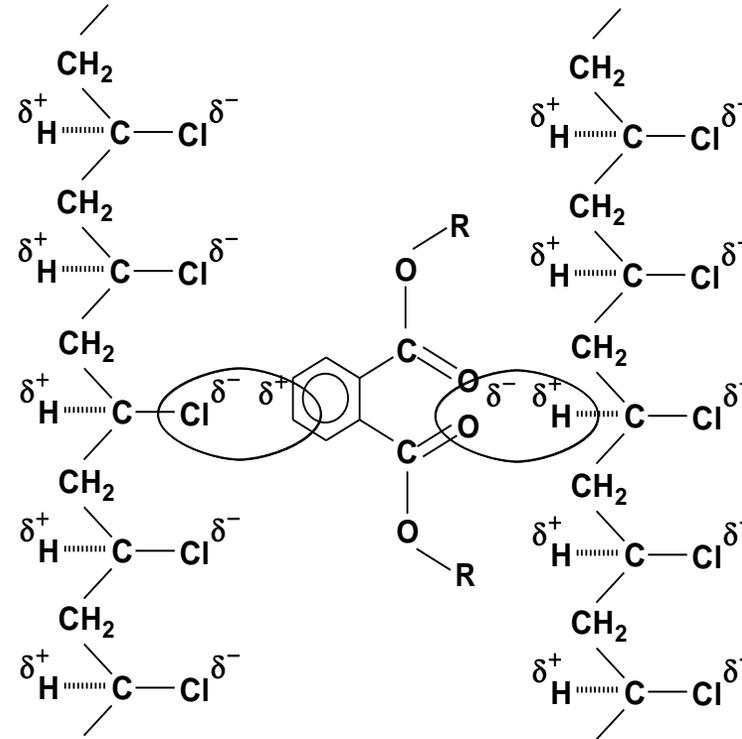
Tipos de Aditivos: plastificantes

- Reduzem a Tg do polímero
- Usados em polímeros $T_g > T$ ambiente
 - Cadeias de baixo peso molecular
 - Reduzem as forças de van der Waals entre as cadeias
 - reduzem a Tg
 - produção: conformação
 - $TG_{PVC} > \text{temp. ambiente}$
 - em uso
 - $< E$
 - comportamento plástico
 - afetam a durabilidade
- Problemas de saúde com alguns (ftalatos)

Plastificantes



PVC sem plastificante
Cadeias próximas →
Elevada atração de van de Waals



PVC plastificado
Cadeias afastadas →
Atração de van de Waals é atenuada

Formulação e Desempenho Mecânico do PVC

Objetivo:

Verificar experimentalmente a influência do teor de plastificante no desempenho mecânico do plástico.

RODOLFO Jr., A.; NUNES, L.R.; ORMANJI, W. **Tecnologia do PVC**. São Paulo: Pro Editores/Braskem, 2002. 400p
(download no site www.braskem.com.br)

Formulações básicas

Fase	Produto	Função
Polímero	Resina PVC Braskem SP 1000	Resistência
Aditivo	Composto Bário + Zinco Mark 5000	Estabilizante térmico
	Óleo de soja epoxidado Drapex 6.8	Co-estabilizante térmico
	Estearina	Lubrificante
	DOP	Plastificante
Carga	CaCO ₃ precipitado Barralev C	Dureza, abrasão... Custo

Formulações

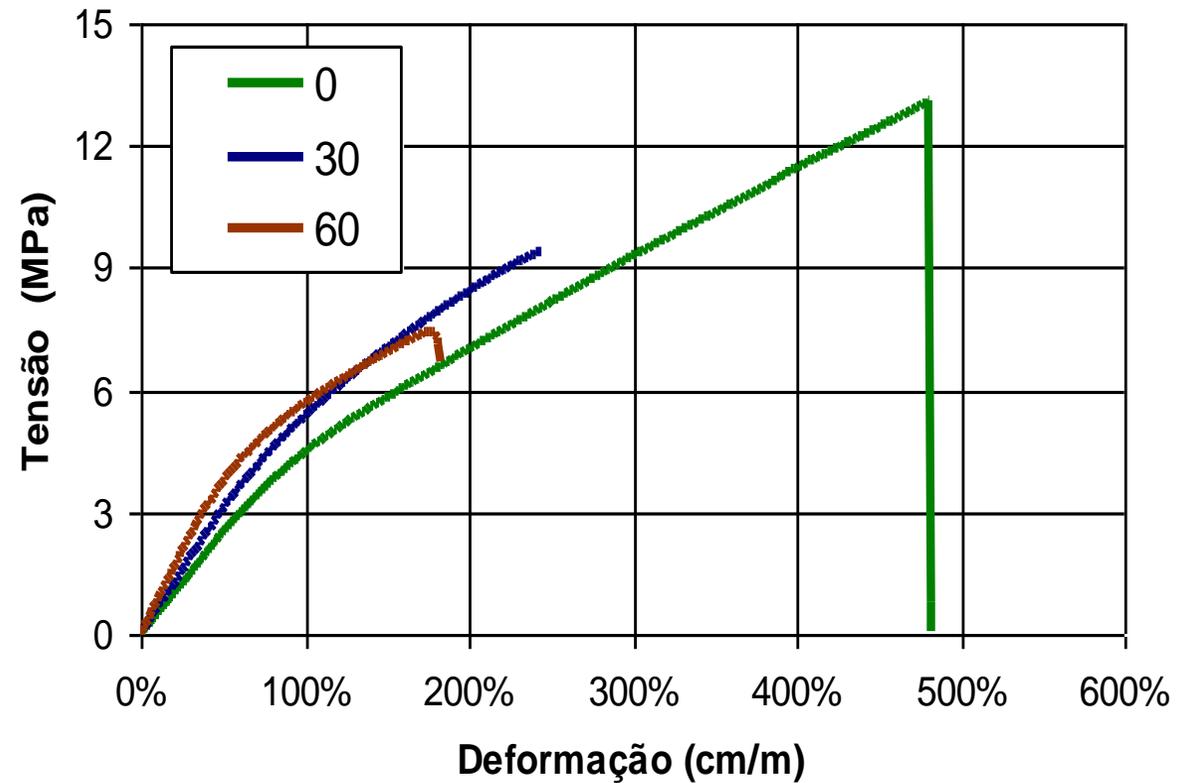
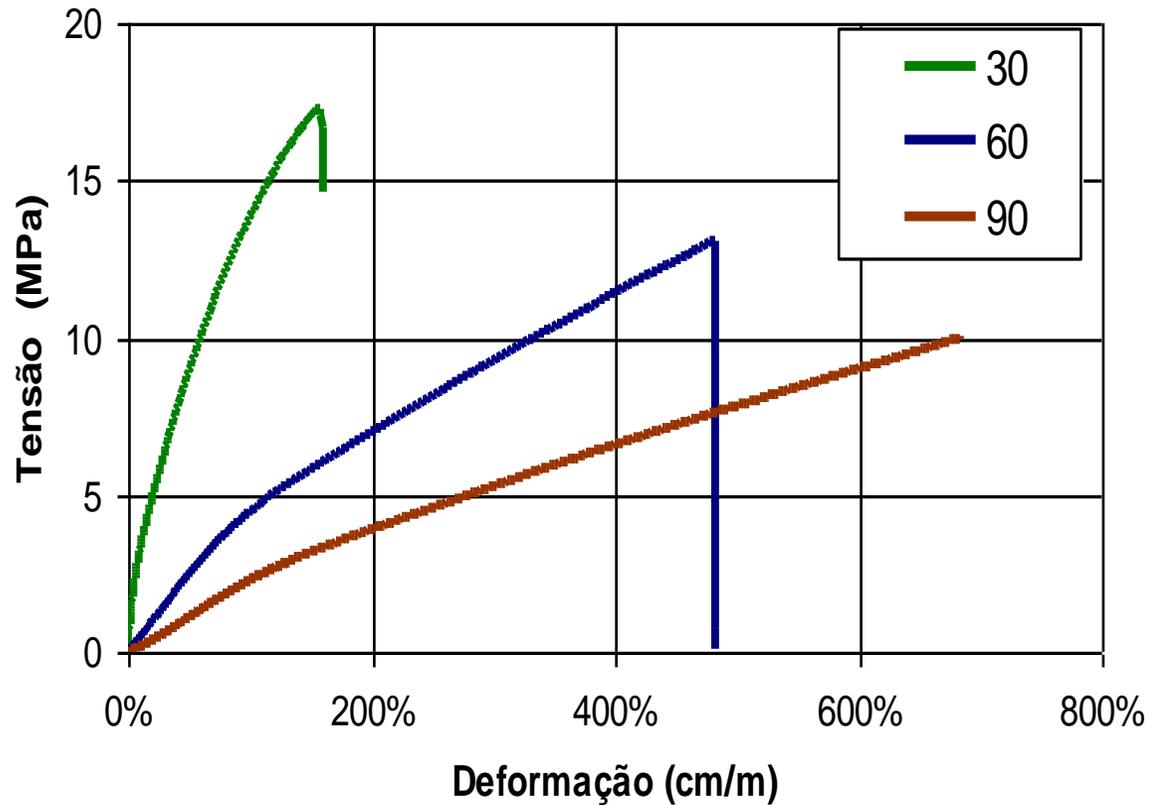
Componentes	1	2	3	4	5
Resina Braskem SP 1000	100	100	100	100	100
Estabilizante Mark 5000	2				
Estabilizante Drapex 6.8	3				
Lubrificante Estearina	0,2				
Plastificante DOP	30	60	90	60	60
Carga Barralev C	0	0	0	30	60

Ensaio

gravatinhas
ASTM D638 tipo IV



Teor de plastificante DOP e carga CaCO₃



Durabilidade dos plásticos



Degradação de polímeros

<i>Agentes</i>	<i>Mecanismos</i>
Radiação UV Ozônio, oxigênio	Quebra de ligações
Temperatura	Perda de voláteis
Agentes biológicos	Degradam plastificantes
Solventes	Inchamento Dissolução
Tensões	Fadiga



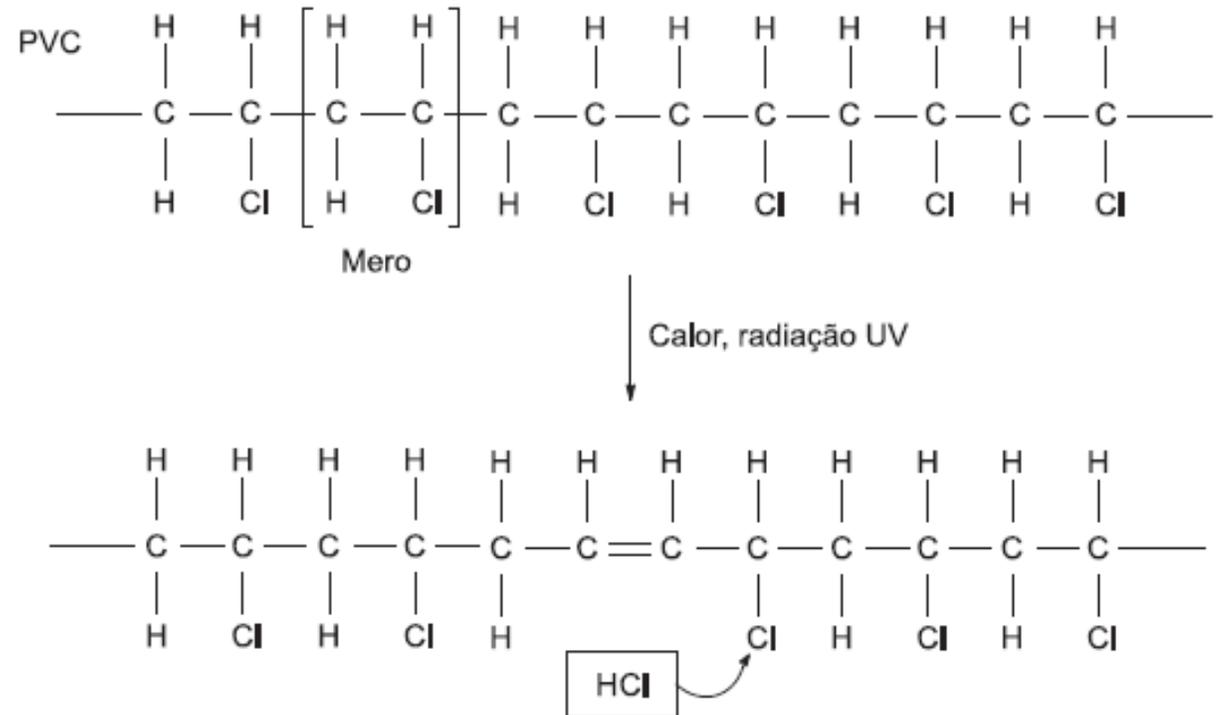
Combinação
de efeitos

Radiação



- Alta energia Penetram no polímero
 - superficial
- Ioniza átomo
- Quebra ligação
 - Reduz peso molecular
- Fragilização
- Mudança de cor
- Podem induzir ligações cruzadas

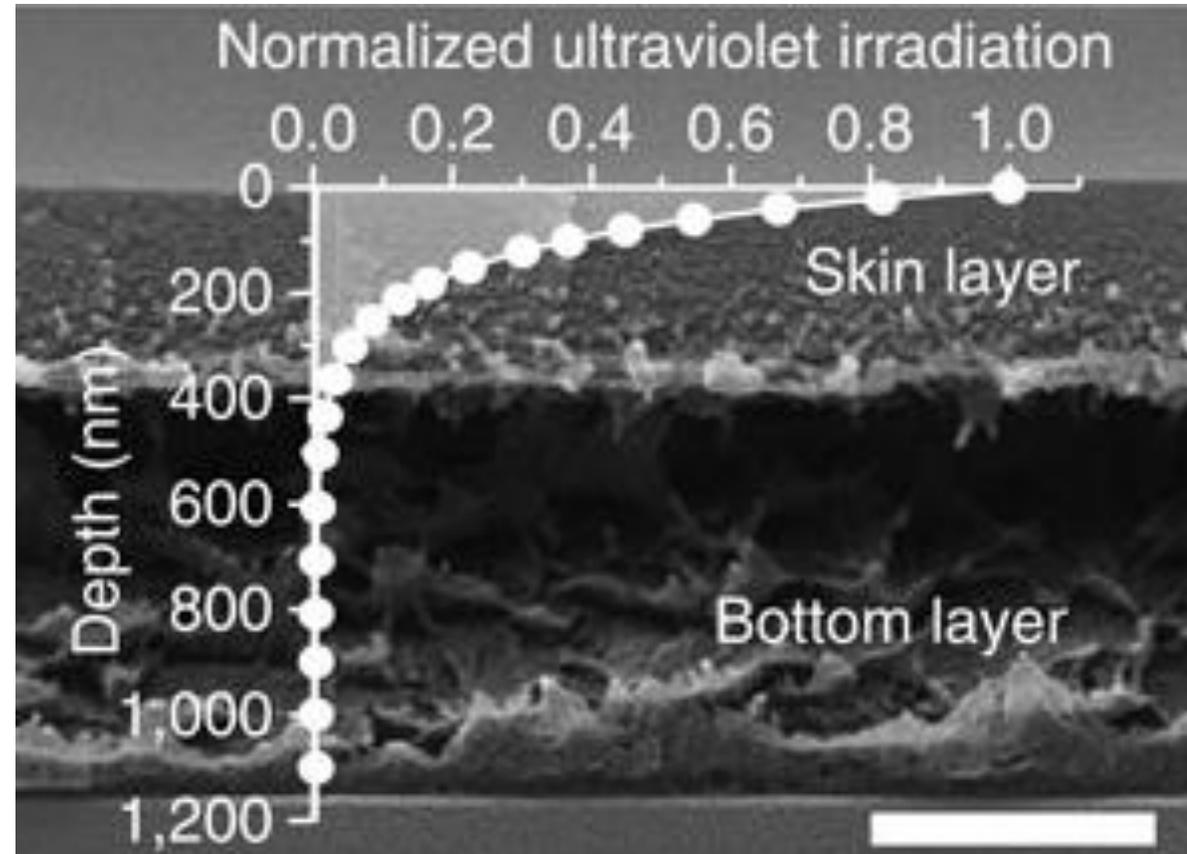
Quebra da ligação (PVC)



Fonte: Tecnologia do PVC

Penetração do UV no polímero

(intensidade reduz com a profundidade)



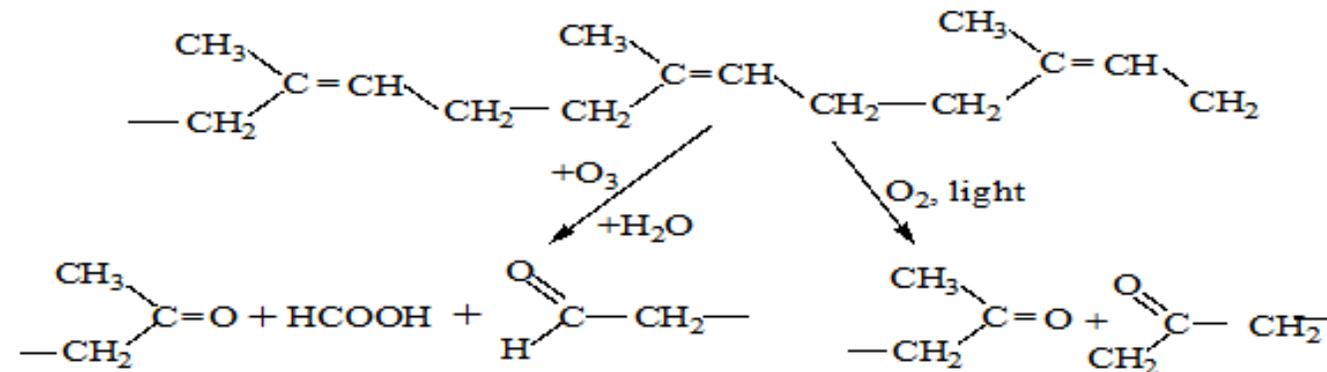
http://www.nature.com/ncomms/journal/v4/n5/fig_tab/ncomms2942_F1.html

UV degrada a superfície

Ozônio, Oxigênio

- Reação com o polímero
- Quebram a cadeia
- Reduzem grau de polimerização
- Fissuras
- Perda de resistência
- Perda de elasticidade
- Elastômeros vulcanizados

Muito parecido com UV



<https://textilestudypoint.blogspot.com/2017/01/polymer-degradation.html>

Grandes coberturas em plástico: como garantir a vida útil?



Milenium Dome (Londres, 2000)

Avaliação da Durabilidade

– Ensaios acelerados

- fatores de degradação
 - intensidade majorada
 - **riscos**

– Envelhecimento natural

- fatores ambientais
- estações de envelhecimento
- Pequenos corpos de prova

– Envelhecimento em uso

- condições reais de uso

– Indicadores de degradação

- resistência a impacto
- Resistência à tração
- Deformação na ruptura
- Análise de cor
- Espectrofotometria ao infravermelho
- Degradação superficial
- Transmissão de luz
- ...

Aplicação

Ensaaios acelerados

- Weather-O-meter
 - radiação
 - calor
 - condensação
 - choque térmico
 - ação cíclica
- Câmara de CUV
 - radiação UV
 - condensação superficial opcional

2000 - 3000h



Durabilidade de membranas de PVC para coberturas

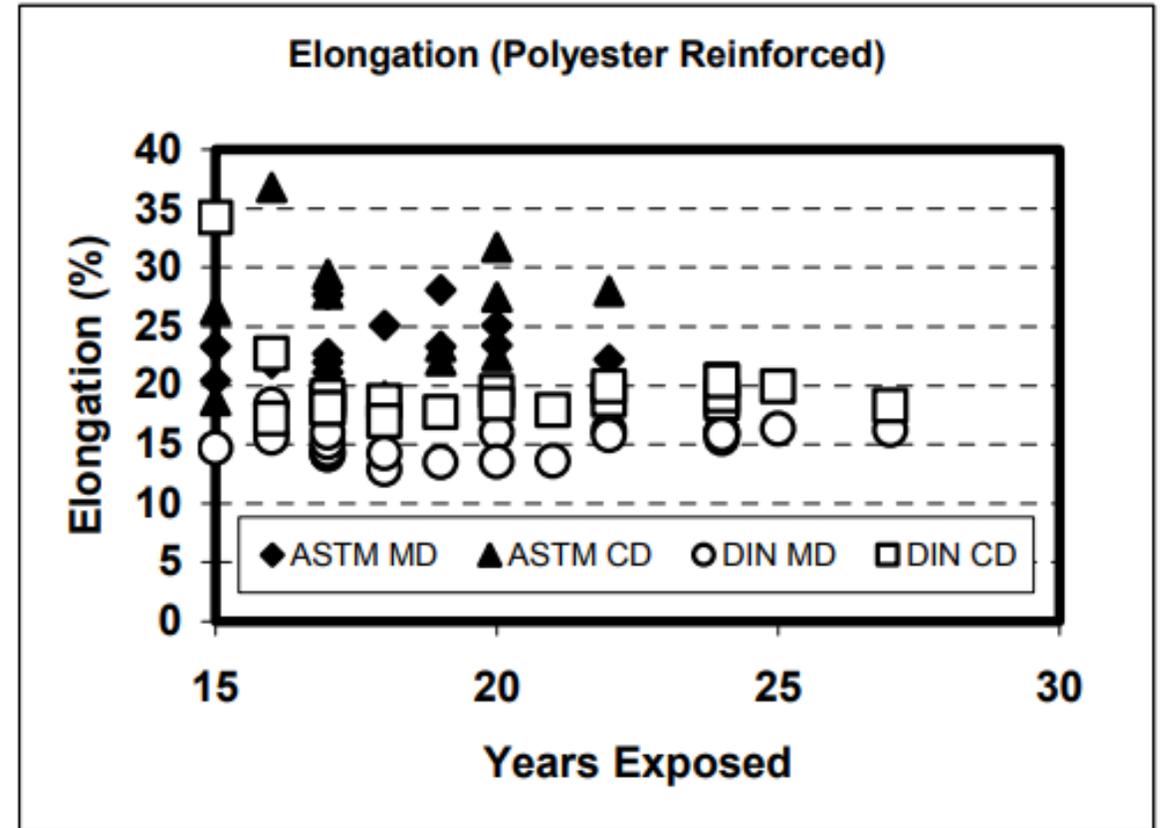
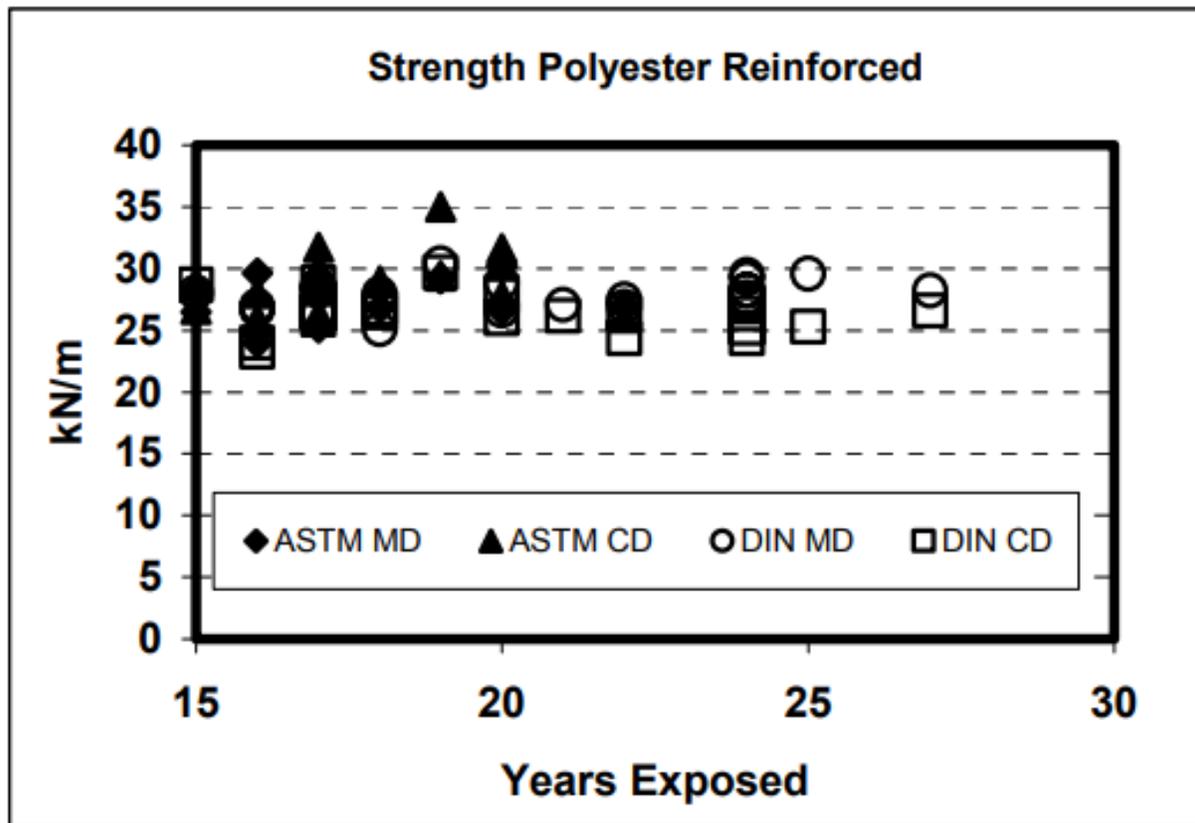
- Avaliação através de inventário disponível na Europa a América do Norte.
- Coleta de amostras e envio para laboratório de testes na Suíça e testados de acordo com normas alemãs (DIN16726) e suíça (SAI V 280).
- Uma segunda amostra foi enviada ao NRC do Canadá e ensaiadas segundo a norma ASTM D4434.

Amostragem realizada:

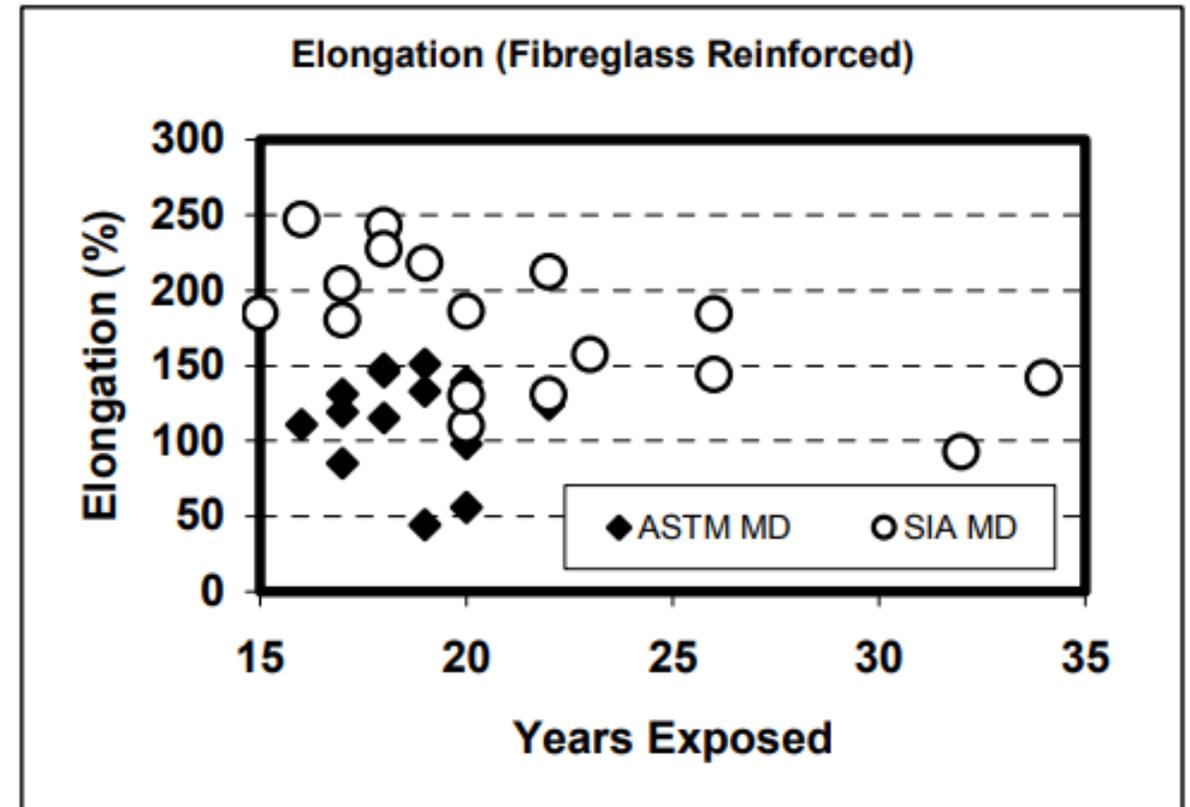
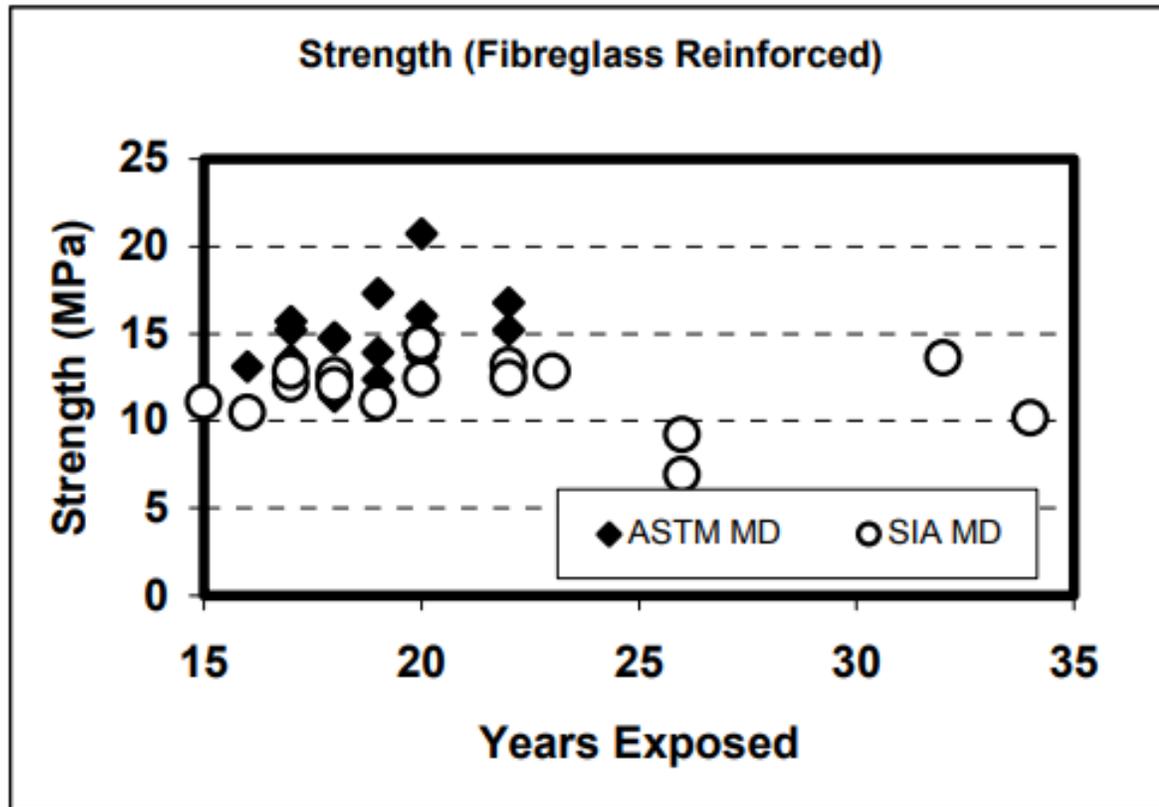
- Resumo de todos os projetos:
 - Amostras 1-26: América do Norte
 - Amostras 101-137: Europa

ID	Project Location	Type*	Instal- led	Age years	ID	Project Location	Type*	Instal- led	Age year s
1A	Canton MA	G - 12	1979	22	21A	Haileybury ON	G - 12	1981	20
1D	Canton MA	S - 12	1979	22	21C	Haileybury ON	S - 12	1981	20
2A	Wenham MA	G - 12	1984	17	22A	Hamilton ON	S - 12	1984	17
2D	Wenham MA	S - 12	1984	17	23A	Alouette QC	G - 12	1983	18
3A	Woburn MA	G - 12	1983	18	25A	Sarnia ON	G - 12	1984	17
4B	Dickson TX	G - 12	1984	17	26	Calgary AB	G - 12	1982	19
5B	Tyler TX	G - 12	1981	20	101	Bregenz, A	S - 12	1978	24
5C	Tyler TX	S - 12	1981	20	102	Villach, A	S - 12	1981	21
6A	Euless TX	S - 12	1984	17	103	Hausmannstätten, A	S - 18	1984	18
7A	City of Industry CA	G - 12	1979	22	104	Vlotho, D	S - 12	1975	27
8A	El Segundo CA	G - 12	1982	19	105	Freiburg, D	S - 12	1977	25
9B	Mountainview CA	S - 12	1983	18	106	Memmingen, D	S - 12	1978	24
10B	Lacey WA	G - 12	1982	19	107	Niedergösgen, CH	S - 12	1978	24
11B	Ft. Steilacoom WA	G - 12	1983	18	108	Schwyz, CH	S - 12	1978	24
12A	Atlanta GA	S - 12	1986	15	109	Geneva, CH	S - 12	1978	24
13A	Jacksonville FL	S - 12	1982	19	110	Bursins, CH	S - 18	1993	9
14A	Appleton WI	S - 12	1985	16	111	Spreitenbach, CH	S - 18	1985	17
15B	Mt. Prospect IL	G - 12	1981	20	112	Canobbio, CH	S - 18	1985	17
15D	Mt. Prospect IL	S - 12	1981	20	131	Arnoldstein, A	G - 14	1986	16
16A	Park Ridge IL	S - 12	1984	17	132	Dortmund, D	G - 14	1979	23
17B	Hackensack NJ	S - 12	1986	15	133	Kempten, D	G - 12	1976	26
18A	Englewood NJ	G - 12	1985	16	134	Camorino, CH	G - 27	1976	26
18C	Englewood NJ	S - 12	1985	16	135	Personico, CH	G - 12	1968	34
19A	Iowa City IA	S - 12	1982	19	136	Lugano, CH	G - 12	1970	32
20B	Davis CA	G - 12	1981	20	137	Reading, UK	G - 12	1987	15

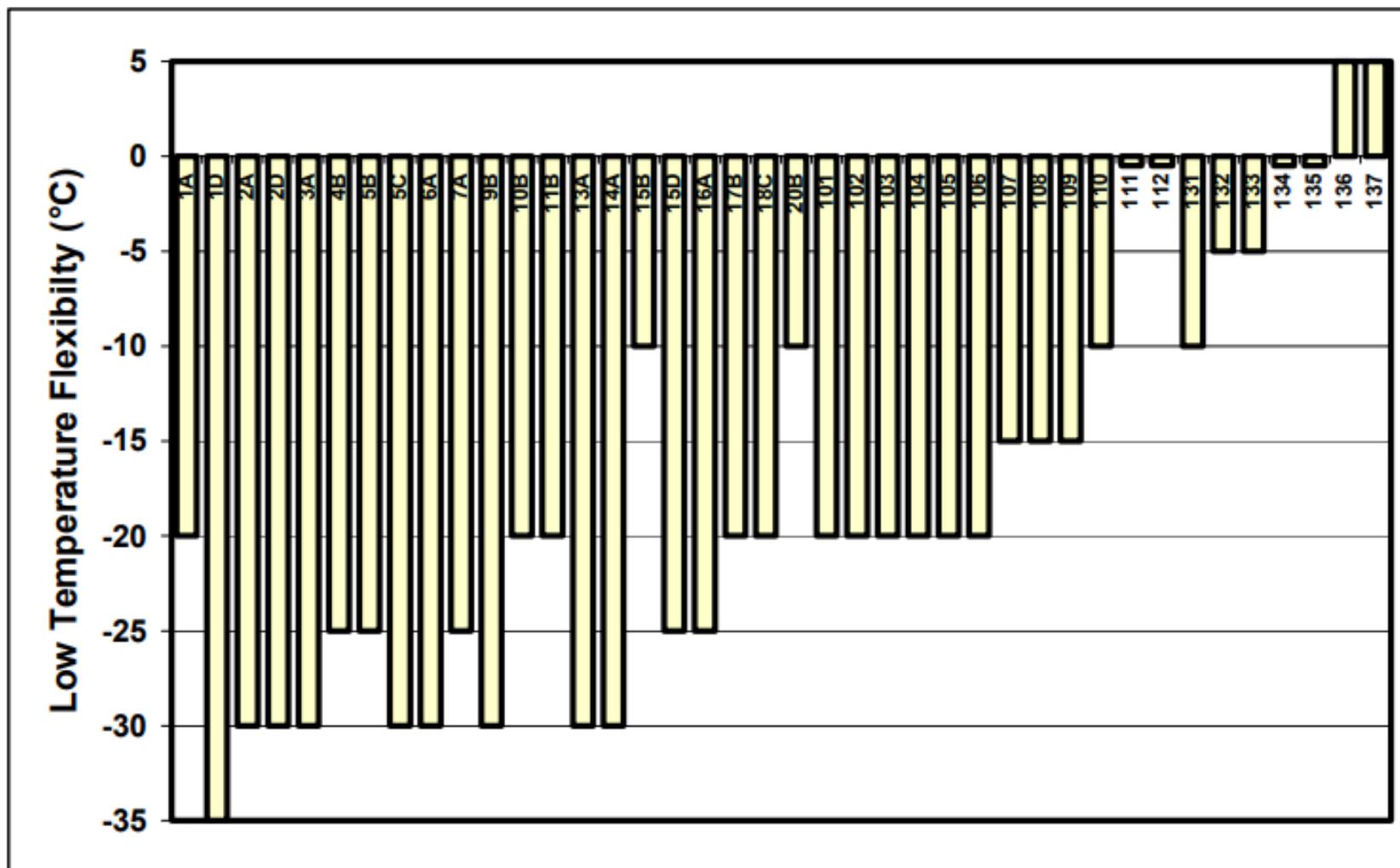
Resistência à tração (esquerda) e alongamento na ruptura (direita) de membranas reforçadas com poliéster versus idade



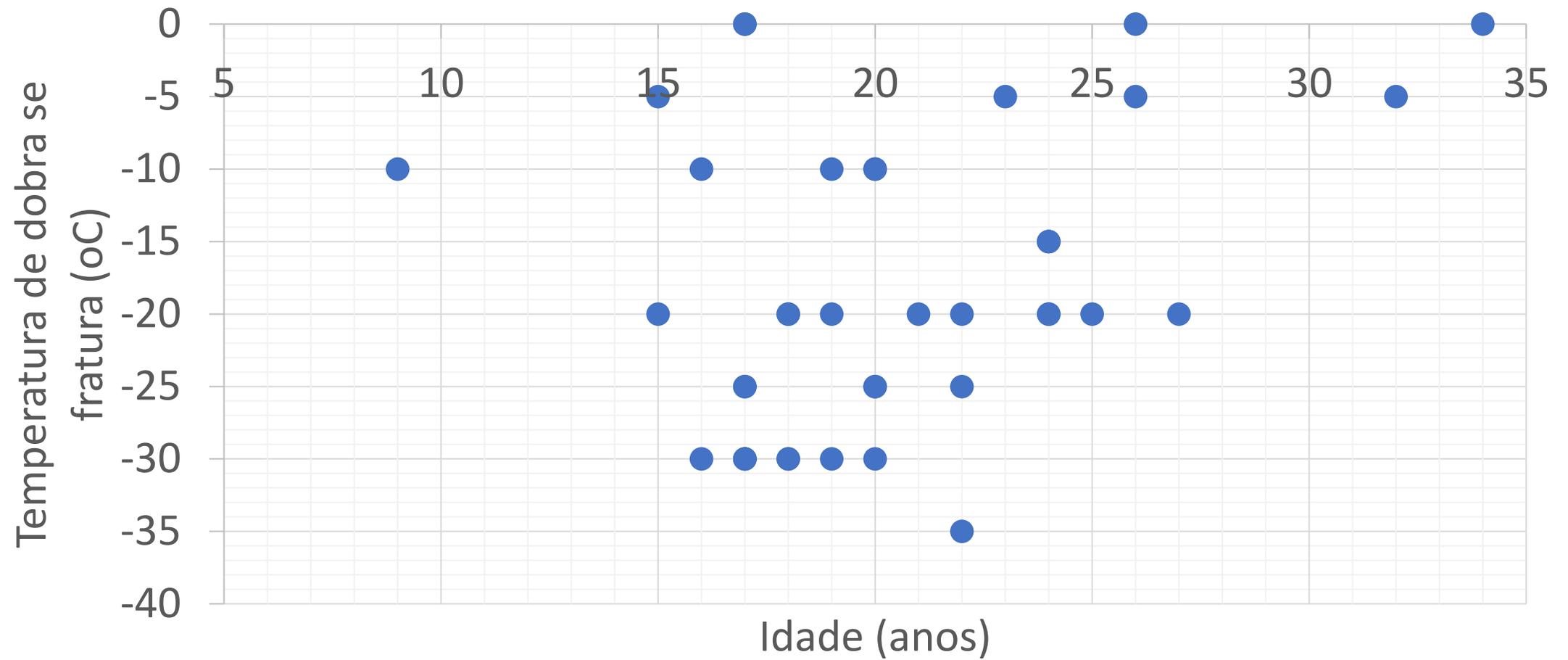
Resistência à tração e alongamento na ruptura de membranas reforçadas com tecidos de vidro versus idade



Resistência ao dobramento a frio



Resistência ao dobramento a frio



Conclusões sobre o estudo

Dos autores

- Os testes de laboratório confirmam que embora os produtos testados tenham perdido algumas de suas propriedades físicas iniciais, o que é esperado com quaisquer materiais à medida que envelhecem, eles geralmente resistiram muito bem em comparação com os valores mínimos padrão para testar novas membranas de PVC para telhados de acordo com padrões americanos e europeus.

Minhas

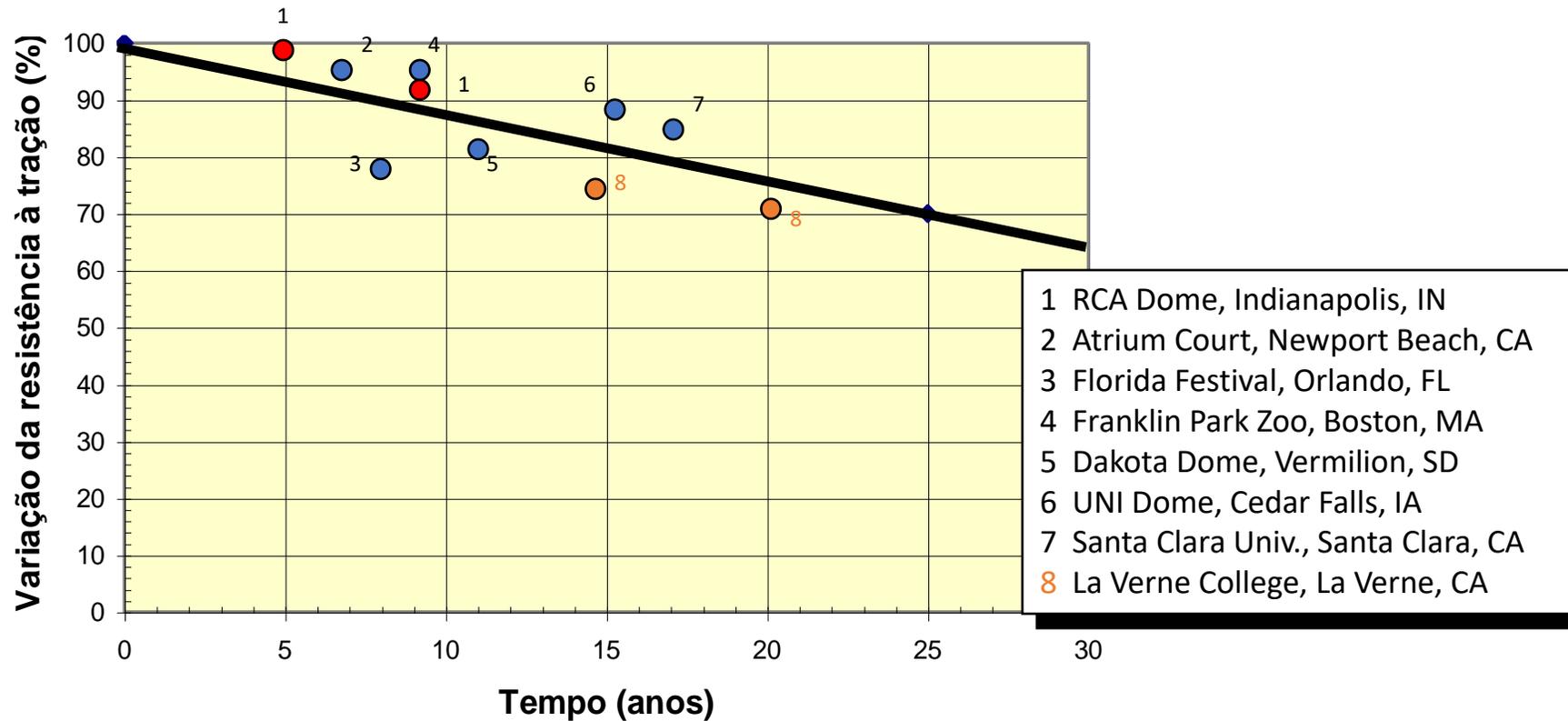
- Não é possível concluir nada porque não houve avaliação inicial das propriedades: avaliou-se apenas o resultado pós envelhecimento.

Projetando para a vida útil: Tensoestruturas

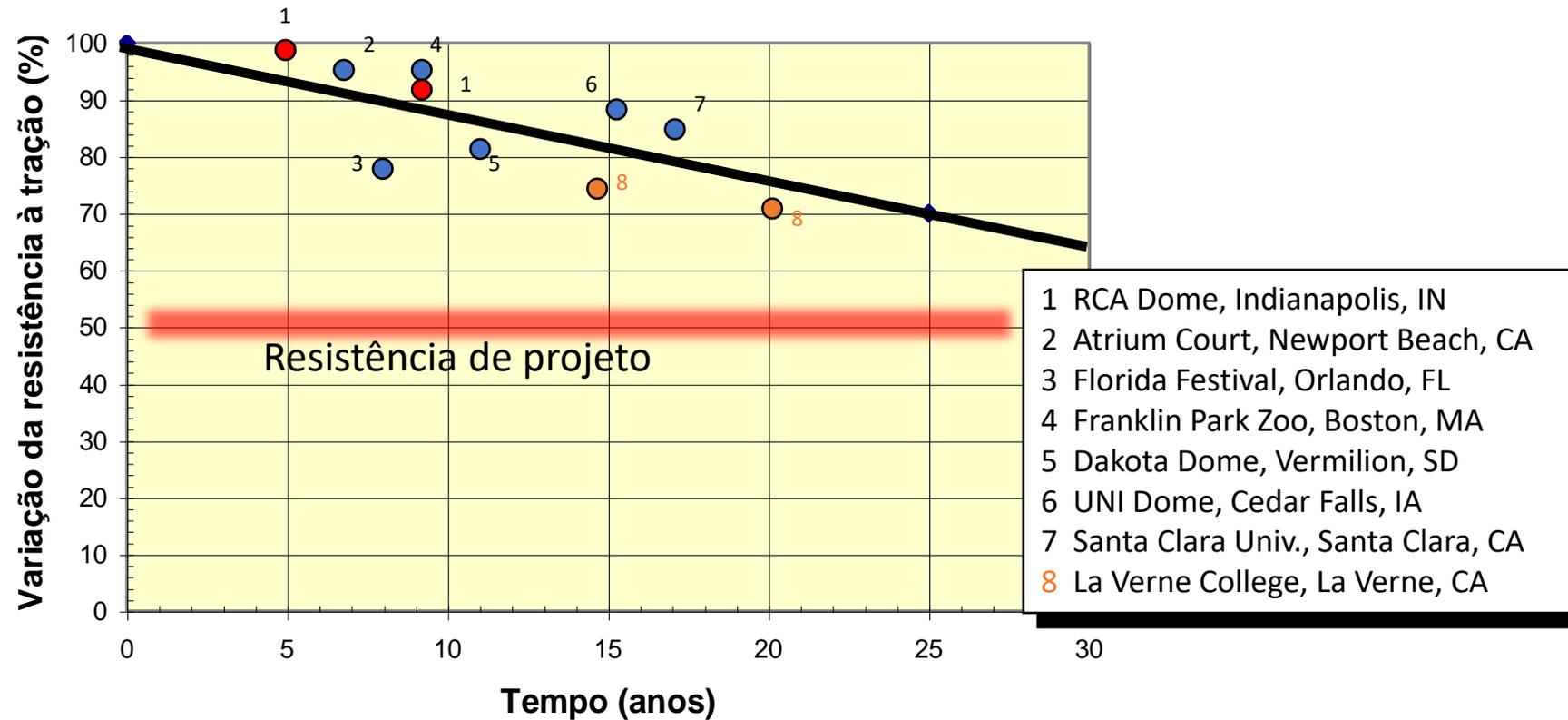
- Teflon + fibra de vidro
- 320 m de diâmetro,
- 8 ha (80 mil m²)
- **Garantia = 25 anos**
- Vida útil ? >> 25 anos



Medida da taxa de degradação – Envelhecimento em uso



Projetando para a vida útil



Obrigado!