

Resinas Éster Vinílicas

Guia de preparação, cura e
laminação com diagnóstico de
problemas

ÍNDICE

Sumário analítico

Guia de Preparação e Cura — Resinas Éster Vinílicas Swancor / Polglass

CAPA E APRESENTAÇÃO

Capa — Identificação do documento	1
Sumário — Estrutura e índice de conteúdo	2
Como usar este guia	3
Apresentação — Propósito do manual, fontes e aviso técnico-legal	4

PARTE I — FUNDAMENTOS TÉCNICOS

1. Construção do Laminado Anticorrosivo	5
1.1 Barreira Anticorrosiva	5
1.2 Camada Estrutural	5
1.3 Topcoat (Acabamento)	5
2. Sistema de Cura — Catalisadores, Promotores e Aceleradores	6
2.1 Catalisadores (Peróxidos) do Sistema de Cura	6
2.2 Promotores e Aceleradores	7
2.3 Razões Ótimas de Catalisação	7
2.4 Conteúdo Ativo dos Componentes	7
3. Inibição pelo Ar, Umidade e Adesão Secundária	7
3.1 Inibição pelo Ar	7
3.2 Influência da Umidade	8
3.3 Adesão Secundária (Secondary Bonding)	8
4. Pós-Cura	8
5. Contato com Alimentos — Conformidade FDA	8
6. Testes de Corrosão (ASTM C581)	9

PARTE II — DIAGNÓSTICO E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Tabela 1 — Problemas na Cura à Temperatura Ambiente	10
1.1 Resina com tempo de gel muito longo ou que não chega ao gel	10
1.2 Resina não endurece após chegar ao tempo de gel	10
1.3 Tempo de gel muito curto	11
1.4 Exotermia excessiva, esbranquiçamento ou trincas	11
Tabela 2 — Problemas na Laminação	11
2.1 Escorrimento em superfícies verticais ou no teto	11
2.2 Má impregnação da fibra (poor wet-out)	11
2.3 Excesso de bolhas	12
2.4 O rolete arranca fibras da manta	12
Tabela 3 — Problemas após Cura da Resina	12
3.1 Superfície pegajosa (tacky)	12
3.2 Marcação da fibra (fiber print-through)	13
3.3 Desplacamento ao laminar sobre superfície já curada	13
3.4 Delaminação de substrato de concreto	13
3.5 Delaminação de substrato metálico	13

ANEXOS

Anexo B — Construção Típica do Laminado (NBS PS 15-69)	14
Anexo C — Normas ASTM Aplicáveis	14
Equipamentos Anticorrosivos	14
Propriedades Mecânicas	15
Resistência Química	15
Outras Propriedades	15

CONTATO E SUPORTE TÉCNICO

Dados de contato Polglass — dúvidas técnicas e solicitação de ensaios ASTM C581	16
---	----

ORIENTAÇÃO

Como usar este guia

- 1** Leia a Parte I (fundamentos): construção do laminado, sistema de cura, pós-cura e contato com alimentos.
- 2** Escolha o catalisador na tabela da seção 2.1 e confira as razões de catalisação na seção 2.3.
- 3** Se algo der errado, procure o sintoma na Parte II (Tabelas 1, 2 e 3) e siga a solução indicada.
- 4** Para saber se a resina resiste a um produto químico, use o Guia de Resistência Química Polglass.

Suporte técnico: (16) 3628-1043 | www.polglass.com.br

INTRODUÇÃO

Apresentação

Este manual técnico foi elaborado pela Polglass como material de apoio para fabricantes, projetistas e técnicos que trabalham com plásticos reforçados com fibra de vidro destinados a aplicações anticorrosivas: tanques, dutos, equipamentos químicos, lavadores de gases, células eletrolíticas e estruturas expostas a meios agressivos.

O conteúdo é uma tradução técnica adaptada do Swancor Corrosion Guide, da SWANCOR IND. CO. LTD. (Taiwan), fabricante das resinas vinil éster bisfenol-A, novolac e dos sistemas CHEMPULSE comercializados no Brasil pela Polglass.

Os dados aqui apresentados servem como referência técnica. A escolha final da resina, do sistema de cura e da construção do laminado deve sempre considerar as condições reais de operação do equipamento — temperatura, pressão, ciclos térmicos, pureza dos químicos e tempo de exposição. A resistência da resina a cada produto químico está no Guia de Resistência Química Polglass.

AVISO TÉCNICO

Em caso de dúvida ou aplicação crítica, contate o suporte técnico Polglass ou solicite ensaio de corrosão conforme norma ASTM C581.

PARTE I

Fundamentos técnicos

1. Construção do Laminado Anticorrosivo

Produtos de plástico reforçado com fibra de vidro projetados para resistência à corrosão utilizam tipicamente duas estruturas: o laminado estrutural e a barreira anticorrosiva. A norma de referência é a NBS PS 15-69 — Custom Contact-Molded Reinforced Polyester Chemical Resistant Process Equipment.

Princípio fundamental: a fibra de vidro fornece resistência mecânica, mas pouca resistência química. A resina fornece resistência química, mas pouca resistência mecânica isoladamente. Por isso uma barreira anticorrosiva rica em resina é necessária para proteger o laminado estrutural com alto teor de vidro.

1.1 Barreira Anticorrosiva

Especificação padrão da indústria:

- Espessura típica: 3,0 mm (100 mils)
- Composição: véu de superfície saturado a 90% de resina + 2 camadas de manta de fios picados de 450 g/m² (1,5 oz/ft²) impregnadas com aproximadamente 70% de resina

Tipos de véu de superfície:

- Vidro C ou poliéster sintético
- Espessura padrão: 0,3 mm (10 mils)
- Véus mais espessos oferecem melhor resistência química, mas tornam o laminado mais propenso a trincas

Manta (chopped strand mat):

- Fios picados de vidro E ou ECR
- Comprimento: 13 mm a 51 mm
- Aglomerados por aglutinante solúvel em estireno
- Padrão: 2 camadas de 450 g/m²

Para ambientes altamente corrosivos, recomenda-se barreira reforçada (ver Notas 7, 8 e 9 do Guia de Resistência Química).

1.2 Camada Estrutural

Projetada para atender requisitos mecânicos. Pode receber aditivos tixotrópicos. Tipicamente combina woven roving (tecido roving) intercalado com manta de fios picados — é a estrutura primária de muitos vasos e tanques fabricados por laminação manual (hand lay-up).

1.3 Topcoat (Acabamento)

Protege a parte externa do laminado contra intempéries e exposição eventual a agentes corrosivos.

- Adicionar 0,4% de solução de parafina para melhorar a cura na superfície em contato com o ar
- Podem ser adicionados agentes tixotrópicos (evitam escorrimento em superfícies verticais), absorvedores UV e pigmentos
- Recomenda-se sistema de cura com tempo de gel curto

ATENÇÃO

Não usar topcoat com solução de parafina entre camadas de laminado — a solução de parafina prejudica a adesão entre as camadas.

2. Sistema de Cura — Catalisadores, Promotores e Aceleradores

Um dos fatores mais importantes para a resistência à corrosão de um laminado é o grau de cura que a resina atinge.

REGRA DE OURO

O laminado deve atingir no mínimo 90% do valor de dureza Barcol do clear cast indicado pelo fabricante da resina.

2.1 Catalisadores (Peróxidos) do Sistema de Cura

Esta tabela lista os peróxidos usados neste guia. Cada um aparece pelo nome técnico. O teor ativo é informado como oxigênio ativo (O₂), como nas fichas técnicas.

Produto	Tipo	Teor (O ₂ ativo)	Indicação
MEKP (peróxido de metil etil cetona)	MEKP em ftalato de diisononila	8,4–8,6%	Gel mais longo e menos espuma. Recomendado especialmente para vinil éster. Peças grandes e enrolamento filamentar.
Hidroperóxido de cumeno (CHP) 80% — sob consulta	Hidroperóxido de cumeno (CHP) 80%	8,40–8,94%	A Swancor recomenda CHP para a resina SWANCOR 907. Vendido sob consulta.
Peróxido de benzoíla pasta 50%	Peróxido de benzoíla em pasta, 50% (em DMP/TXIB)	3,24–3,37%	Resinas pré-aceleradas com DMA, sem cobalto. A pasta entra direto na resina. Aminas podem amarelar a peça.
Perbenzoato de terc-butila	Perbenzoato de terc-butila (≥98%)	≥8,07%	Uso a quente, 100–140 °C. Não é para cura em temperatura ambiente.

COMO ESCOLHER

Para vinil éster em temperatura ambiente, use o MEKP com Cobalto 6%. O peróxido de benzoíla pasta 50% não usa cobalto: usa DMA. O CHP é vendido sob consulta e é o indicado pela Swancor para a resina 907. O perbenzoato de terc-butila é só para cura a quente.

2.2 Promotores e Aceleradores

Sistema MEKP e CHP (sob consulta): usar com promotor Cobalto 6% (solução de naftenato ou octoato de cobalto a 6% de metal — no Brasil ambos são vendidos genericamente como 'Cobalto 6%') + acelerador DMA (Dimetilanilina) quando necessário.

Sistema peróxido de benzoíla pasta 50%: usar apenas com promotor DMA. Não requer cobalto.

2.3 Razões Ótimas de Catalisação

Razões recomendadas para sistemas industriais:

- MEKP 55% ativo (referência Swancor) : Cobalto 6% = de 3:1 a 10:1
- CHP: usado com cobalto (naftenato ou octoato) e DMA, como no sistema MEKP. A Swancor não informa razão numérica para o CHP.
- Peróxido de benzoíla pasta 50%: DMA (100% ativo) = de 10:1 a 15:1 (referência Swancor)
- Dosagem geral de DMA: 0,05% a 0,20%

2.4 Conteúdo Ativo dos Componentes

Componente	Teor ativo
MEKP	55% (referência Swancor)
CHP 80% (sob consulta)	Swancor não informa
peróxido de benzoíla pasta 50%	50%
DMA (Dimetilanilina)	100%
Peróxido de benzoíla puro (referência Swancor)	98%
Cobalto 6%	6% de metal

AVISO DE SEGURANÇA CRÍTICO

O Cobalto 6% NUNCA deve ser misturado diretamente com o peróxido . A reação é violenta e pode causar fogo ou explosão.

Sempre adicionar o Cobalto 6% à resina primeiro, homogeneizar, e só depois adicionar o peróxido — ou seguir rigorosamente a ordem indicada pelo fornecedor da resina. Do mesmo modo, nunca misture o peróxido diretamente com DMA ou outras aminas: as fichas técnicas dos fabricantes mandam evitar o contato do peróxido com aminas, ácidos, álcalis e aceleradores metálicos.

3. Inibição pelo Ar, Umidade e Adesão Secundária

3.1 Inibição pelo Ar

Em moldes abertos, o oxigênio atmosférico inibe a cura da superfície exposta, gerando sub-cura e perda de resistência química do FRP. Soluções:

- Cobrir o lado em contato com o ar com molde combinante ou filme plástico
- Adicionar solução de parafina à resina antes da fabricação

3.2 Influência da Umidade

A umidade reduz a qualidade do produto final e retarda significativamente a cura no sistema Cobalto 6% / MEKP.

- A resina não pode entrar em contato direto com água (ex.: chuva)
- A umidade do ar é especialmente prejudicial quando uma resina fria está se aquecendo até a temperatura ambiente ao ar livre (risco de condensação)
- Materiais de reforço, véus, agentes tixotrópicos e cargas devem ser armazenados protegidos de condensação e umidade

3.3 Adesão Secundária (Secondary Bonding)

Toda superfície de laminado que não esteja mais pegajosa (tacky) deve ser preparada antes da continuação do trabalho:

- Limpa com lã/pano embebido em acetona, OU
- Lixada/desbastada até superfície rugosa antes de continuar a laminação

4. Pós-Cura

A pós-cura traz dois benefícios:

- Conclui a reação de cura, aumentando a densidade de reticulação (crosslinking)
- Elimina sítios funcionais não reagidos, melhorando a resistência química

Procedimento padrão:

- Iniciar a pós-cura assim que o laminado atinge o tempo de gel e a exotermia diminui
- Condição ideal: 4 horas a 80 °C
- Para componentes grandes, estender o tempo de pós-cura

Quando o laminado é aplicado sobre substrato com coeficiente de expansão térmica diferente (concreto, aço), podem surgir trincas ou descolamento acima de 60 °C. Nesses casos, fazer pós-cura abaixo de 60 °C OU usar primer adequado (ex.: SWANCOR 984 para FRP antigo, aço carbono, aço inox ou concreto).

5. Contato com Alimentos — Conformidade FDA

As resinas SWANCOR 901 e 907, quando devidamente formuladas e curadas, atendem ao FDA 21 CFR 177.2420 (US Food Drug and Cosmetic Act).

Procedimento recomendado para conformidade FDA:

- Usar formulação com baixo residual de estireno (ex.: Cobalto 6% + MEKP ou Cobalto 6% + CHP)
- Limpar totalmente a peça antes da pós-cura (remover poeira e sujeira)
- Pós-cura com calor seco: 2 horas a 90 °C OU 4 horas a 80 °C
- Tratar com vapor OU imersão em banho de água quente: 8 a 16 horas a 70 °C ou mais
- Lavar com detergente e enxaguar bem antes de colocar em serviço

Tratamento com vapor não substitui a pós-cura — só pode ser feito após a pós-cura.

6. Testes de Corrosão (ASTM C581)

Os ensaios seguem a norma ASTM C581. O critério de retenção de propriedades físicas é baseado na NBS PS15-69 e avalia: dureza Barcol, resistência e módulo de flexão, e variação de peso do corpo de prova.

Um equipamento FRP pode ter bom desempenho mesmo acima da temperatura tabelada quando:

- O contato com o químico é intermitente
- O contato é apenas com vapores
- Trata-se de respingo (spill) ocasional

Fatores adicionais que influenciam o projeto além da temperatura máxima de serviço:

- Adequação do projeto
- Tipo de reforço
- Sistema e condição de cura
- Impurezas no ambiente

PARTE II

Diagnóstico e solução de problemas

Esta seção apresenta as três tabelas de diagnóstico do Swancor Corrosion Guide, organizadas por fase do processo: cura, laminação e pós-cura.

Tabela 1 — Problemas na Cura à Temperatura Ambiente

1.1 Resina com tempo de gel muito longo ou que não chega ao gel

Sistema MEKP e CHP (sob consulta):

- Verificar dosagem: peróxido acima de 1,0%
- Verificar razão peróxido / Cobalto 6% acima de 3:1
- Verificar Cobalto 6% acima de 0,15%
- Se temperatura ambiente < 25 °C, DMA é obrigatório
- Pigmentos/aditivos (ex.: absorvedor UV) podem retardar o tempo de gel
- Água afeta o tempo de gel
- Mistura ruim, temperatura ambiente baixa, conferir teor ativo

Sistema peróxido de benzoíla pasta 50%:

- Peróxido de benzoíla pasta 50% acima de 0,8%
- Razão peróxido de benzoíla / DMA acima de 5:1
- Conferir teor ativo do peróxido de benzoíla
- Peróxido de benzoíla pasta precisa de mistura mais longa para dispersar na resina
- Temperatura baixa, DMA não 100% ativo

1.2 Resina não endurece após chegar ao tempo de gel

Sistema MEKP e CHP (sob consulta):

- Razão peróxido / Cobalto 6% acima de 3:1
- Se temperatura < 25 °C, DMA é necessário
- Peróxido acima de 1,0%
- Se o problema é só na superfície → adicionar solução de parafina ao topcoat
- Contato da resina com metais pode afetar a cura

Sistema peróxido de benzoíla pasta 50%:

- Peróxido de benzoíla pasta 50% acima de 0,8%
- Razão peróxido de benzoíla / DMA acima de 5:1, preferencialmente 10:1

1.3 Tempo de gel muito curto

Sistema MEKP e CHP (sob consulta):

- Reduzir DMA
- Se peróxido > 1,0%, reduzir o peróxido
- Adicionar Acetilacetona (2,4-P)
- Verificar temperatura da resina
- Conferir exposição à luz solar

Sistema peróxido de benzoíla pasta 50%:

- Reduzir o peróxido de benzoíla ou o DMA, mantendo a razão peróxido de benzoíla / DMA acima de 5:1

1.4 Exotermia excessiva, esbranquiçamento ou trincas

Sistema MEKP e CHP (sob consulta):

- Reduzir ou eliminar DMA
- Em laminados espessos, aplicar em camadas mais finas e reduzir a dose do MEKP dentro da faixa do fabricante.
- Para a SWANCOR 907, o fabricante da resina recomenda sistema com CHP (vendido sob consulta)
- Fazer laminações mais finas e aguardar a exotermia subsidir
- Reduzir o peróxido até 1,0%

Sistema peróxido de benzoíla pasta 50%:

- A exotermia do peróxido de benzoíla / DMA é maior que a do MEKP — fazer camadas mais finas e aguardar o calor dissipar

Tabela 2 — Problemas na Laminação

2.1 Escorrimento em superfícies verticais ou no teto

Causas:

- Tempo de gel muito longo
- Viscosidade da resina muito baixa
- Camada muito espessa por demão

Soluções:

- Controlar tempo de gel entre 15 e 30 minutos
- Adicionar 0,8% a 1,5% de sílica pirogênica (fumed silica)
- Reduzir espessura por demão

2.2 Má impregnação da fibra (poor wet-out)

Causas:

- Tempo de gel muito curto
- Manta de fibra inadequada
- Sequência de laminação errada

Soluções:

- Tempo de gel maior que 15 minutos
- Preferir manta tipo pó (melhor molhabilidade que emulsão)
- Aplicar resina antes de posicionar a manta

2.3 Excesso de bolhas**Causas:**

- Bolhas no laminado
- Bolhas presentes na própria resina

Soluções:

- Laminação manual com pincel ou rolete fura bolhas
- Aplicar resina liberalmente antes do reforço
- Adicionar antiespumante (defoamer)
- Deixar a resina catalisada descansar alguns minutos para liberação do ar

2.4 O rolete arranca fibras da manta**Causas:**

- Início da fabricação próximo do limite do tempo de gel
- Evaporação de estireno
- Roletagem muito rápida

Soluções:

- Aumentar o tempo de gel
- Ajustar ventiladores, mergulhar os roletes em estireno ou resina fresca
- Roletar com mais calma e deliberação

Tabela 3 — Problemas após Cura da Resina**3.1 Superfície pegajosa (tacky)****Causas:**

- Inibição pelo ar atmosférico
- Baixa dureza Barcol (cura incompleta)
- Umidade ou chuva sobre a superfície ainda não curada

Soluções:

- Adicionar solução de parafina ao topcoat
- Evitar fabricação em condições de alta umidade
- Aumentar dosagem de DMA

3.2 Marcação da fibra (fiber print-through)

Causas:

- Falta de topcoat e véu de superfície
- Reforço grosseiro
- Superfície pobre em resina

Soluções:

- Aplicar 2 camadas de véu + topcoat
- Usar manta na camada externa
- Fabricar superfície rica em resina

3.3 Deslocamento ao laminar sobre superfície já curada

Causas:

- Material totalmente curado (não é vinil éster epóxi insaturado)
- Presença de solução de parafina no topcoat anterior
- Cura completa da resina anterior

Soluções:

- Lixar a superfície para criar rugosidade

DICA TÉCNICA

Esfregar a superfície com monômero de estireno. Se ficar pegajosa, está OK para relaminar. Se não, é preciso lixar.

3.4 Delaminação de substrato de concreto

- Nata superficial → remover antes de aplicar primer
- Primer inadequado ou ausente → usar SWANCOR 984 concrete primer
- Concreto fraco → resistência à compressão deve ser superior a 3.000 psi
- Concreto úmido → umidade abaixo de 10% antes do primer
- Sujeira ou óleo → limpar completamente

3.5 Delaminação de substrato metálico

- Sem jateamento → jatear até padrão Sa 2½ (metal branco)
- Superfície úmida → secar
- Primer mal curado → verificar dosagem e condições

ANEXOS

Anexos

Anexo B — Construção Típica do Laminado (NBS PS 15-69)

A tabela abaixo apresenta a construção padrão de um laminado anticorrosivo conforme a norma NBS PS 15-69. Observe como o teor de fibra de vidro aumenta progressivamente da face em contato com o químico para o miolo estrutural, e diminui novamente na face externa.

Camada	Composição e teor de vidro
Face em contato com o químico	Resina + véu de superfície (10% vidro)
Barreira anticorrosiva	Manta de fios picados — 20% a 30% vidro
Camada estrutural	Woven Roving + Manta + Woven Roving — 30% a 50% vidro
Camada externa	Manta + Resina (Topcoat com solução de parafina) — 20% vidro
Face em contato com o ar	Topcoat com 0,4% de solução de parafina (para cura superficial)

Anexo C — Normas ASTM Aplicáveis

Equipamentos Anticorrosivos

- ASTM D2105 — Propriedades de Tração Longitudinal em Tubo Termofixo
- ASTM D2143 — Resistência à Pressão Cíclica em Tubo Termofixo
- ASTM D2310 — Especificações para Tubo Termofixo
- ASTM D2517 — Tubo Termofixo para Gás Pressurizado
- ASTM D2924 — Resistência à Pressão Externa em Tubo Plástico
- ASTM D2992 — Base Hidrostática de Projeto
- ASTM D2996 — Tubo Filament Wound
- ASTM D2997 — Tubo Centrifugado
- ASTM D3262 — Tubo de Esgoto em Argamassa Reforçada
- ASTM D3299 — Tanques Químicos Filament Wound
- ASTM D4097 — Tanques Químicos Moldados por Contato

Propriedades Mecânicas

- ASTM D256 — Resistência ao Impacto
- ASTM D638 — Tração em Plásticos
- ASTM D648 — Temperatura de Deflexão sob Carga
- ASTM D695 — Compressão
- ASTM D790 — Flexão
- ASTM D2583 — Dureza Barcol (essencial para validação de cura)
- ASTM D2584 — Perda por Ignição (teor de resina/vidro)

Resistência Química

- ASTM C581 — Resistência Química de Termofixos Reforçados (norma central deste manual)
- ASTM C582 — Laminados Anticorrosivos por Contact Molding
- ASTM D3615 — Resistência Química de Compostos para Moldagem
- ASTM D3681 — Resistência Química de Tubo em Condição Defletida
- ASTM D4398 — Resistência Química por Exposição em Pannel

Outras Propriedades

- ASTM D2863 — Índice de Oxigênio (LOI) — retardância de chama
- ASTM E84 — Queima Superficial de Materiais de Construção
- ASTM E662 — Densidade Óptica Específica de Fumaça
- ASTM E4329 — Exposição UV/Condensação Fluorescente (intempéries)

CONTATO

Contato e Suporte Técnico

Para dúvidas técnicas, solicitação de ensaios de corrosão (ASTM C581), recomendação de resina para aplicação específica ou suporte na escolha do sistema de cura, entre em contato com a equipe técnica Polglass.

POLGLASS COMÉRCIO DE PRODUTOS PARA FIBERGLASS LTDA.

Resinas SWANCOR / SWANCOR CHEMPULSE

Produtos: resinas vinil éster, poliéster, peróxidos orgânicos (catalisadores), fibra de vidro, véus sintéticos e produtos auxiliares.

TELEFONE / WHATSAPP

(16) 3628-1043

SITE

www.polglass.com.br

AVISO TÉCNICO-LEGAL

Este manual é uma adaptação técnica em português brasileiro do Swancor Corrosion Guide para uso interno e de clientes da Polglass. As informações apresentadas têm caráter orientativo. A responsabilidade pelo projeto, construção e operação dos equipamentos é do fabricante e/ou usuário final. Em aplicações críticas, sempre solicitar ensaio de corrosão conforme ASTM C581 e consultar a documentação técnica original do fabricante da resina.