

# UM GUIA PARA OS DEFEITOS MAIS COMUNS EM PINTURA POR ELETRODEPOSIÇÃO CATÓDICA



Conheça 10 defeitos e dezenas de soluções para os principais problemas relacionados a e-coat. Imperdível!

## ALLAN CEZAR VIEIRA DOS SANTOS

Doutor em Química pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo. Atualmente é integrante do grupo de Pesquisa e Desenvolvimento em Tintas da Axalta Coating Systems do Brasil, supervisionando o Laboratório E-coat da unidade de Guarulhos (SP).

[allan.c.santos@axalta.com](mailto:allan.c.santos@axalta.com)

## ABSTRACT

*The electrodeposition coating ('e-coat') may present, just like any other type of paint, some defects on the dry film layer after the application process. This paper illustrates the most common failures that may be observed at line as well as some suggestions of preventive and corrective actions.*

## RESUMO

A tinta de eletrodeposição ('e-coat') pode apresentar, assim como qualquer outro tipo de tinta, alguns defeitos no filme seco logo após o processo de aplicação. Este artigo ilustra os tipos mais comuns de falha que podem ser observados em linha bem como algumas sugestões de ações preventivas e corretivas.

## INTRODUÇÃO

A qualidade de uma pintura por eletrodeposição ('e-coat') depende fundamentalmente de quatro elementos, a saber: a) o projeto da instalação em si; b) a manutenção das instalações; c) a capacidade técnica do operador, e; d) o controle dos parâmetros operacionais do banho. Se há limitações em um desses quatro elementos, cedo ou tarde a pintura apresentará problema (s) de qualidade do ponto de vista estético e/ou protetivo e colocará em xeque a confiabilidade do aplicador. Cabem, antes de prosseguirmos, alguns comentários sobre esses elementos:

**Projeto de instalação:** A realidade brasileira sempre exigiu uma versatilidade incrível dos aplicadores. Recesões globais alternadas com períodos de crescimento e, atualmente, pandemias, moldam continuamente o perfil de instalações (ao mesmo tempo em que testam a resis-

tência cardiovascular de empresários). Em fases de crescimento, normalmente, acelera-se a linha para valores acima da capacidade; no cenário contrário, além de desaceleração, alguns componentes também são inativados desde que não sejam singulares no processo, tais como células de diálise ou módulos de ultrafiltração. Ainda, em tempos de crise, os aplicadores buscam novos clientes e mercados para manter a produção, o que significa novas geometrias e um aumento na complexidade do sistema.

Muitas vezes, os rearranjos não são devidamente acompanhados de uma análise criteriosa, levando a falhas antes não observadas. Lembro-me de um caso em que um cliente reclamava de enxágue deficiente em suas peças. Graças à boa memória de um assistente técnico, conseguimos remontar o quebra-cabeças: no passado, como forma de economizar em uma fase de baixa produção, o cliente desabilitou um de seus módulos de ultrafiltração e eliminou parte das árvores de enxágue por *spray*; anos depois, com a melhora do mercado, a aceleração da linha foi algo natural. O responsável de produção não era o mesmo que executou a mudança no passado, desconhecendo-a completamente. Teria sido um processo menos 'exaustivo' para todos se o sistema original de enxágue tivesse sido reativado, provendo a quantidade mínima de ultrafiltrado demandada pela operação.

Finalmente, nesta classe também se incluem as mudanças de fornecedores de quaisquer elementos do tanque (tais como filtros ou módulos de ultrafiltração). Toda mudança, por mais insignificante que pareça, deve ser criteriosamente analisada, validada e registrada. Às vezes, nossa memória pode falhar, mas um bom registro não deixa margens para dúvidas!

**Manutenção de instalações:** É certamente o aspecto mais fácil de ser entendido, porém é o mais comumente negligenciado. O desgaste natural de partes importantes, ou a não reposição de elementos quebrados, leva a desvios sistemáticos e estes, por sua vez, ao defeito. Em um momento tão crítico de nossa economia, é compreensível a tentativa de estender a utilização de componentes 'um pouco além' do recomendado pelos fabricantes. Quem, por exemplo, nunca agendou uma troca de óleo do motor do carro em uma concessionária somente depois de passar uns 100 km do valor limite estabelecido pela montadora?

É certo que para qualquer componente do tanque há uma vida útil associada e, dependendo das condições de

operação do tanque, essa vida será prolongada ou encurtada. Novamente, mais um caso: o cliente reclamava da redução de camada final do e-coat, mesmo mantendo todos os parâmetros de processo dentro das margens pré-estabelecidas. A investigação não deixou margens para dúvidas: as membranas da célula de diálise haviam atingido o limite. Com mais de oito anos em operação (usualmente, as trocas devem ser realizadas na metade desse período), começaram a apresentar incrustações e comprometer a continuidade elétrica do sistema. Assim, mesmo que o retificador estivesse operando perfeitamente, e na mesma voltagem de ajuste original, a diferença de potencial efetiva entre ânodo e cátodo já não era mais condizente com as expectativas. Célula trocada, processo operando perfeitamente.

**Capacidade técnica do operador:** Muitas vezes, a identificação da origem da falha (a causa-raiz do defeito) demanda tempo, testes específicos e sólido conhecimento da tecnologia empregada; dependendo da gravidade, uma parada da linha de produção pode se fazer necessária, acarretando prejuízos financeiros. É por esse motivo que um operador bem treinado e experiente, dedicado integralmente ao controle do tanque, representará o maior passo para uma operação bem-sucedida. Infelizmente, para pequenos aplicadores, normalmente o único recurso técnico é o disponibilizado pelas equipes de assistência dos fabricantes de tintas; para esses casos, sempre haverá margem para que falhas maiores ocorram, principalmente, se não houver um controle mínimo dos parâmetros do tanque.

Um bom operador deve, no mínimo: i – monitorar e registrar os principais parâmetros de operação do tanque de e-coat, enxágues e células anódicas ao menos uma vez por turno, procedendo imediatamente aos ajustes que se fizerem necessários; ii – avaliar as condições de operação de todo o sistema de eletrodeposição em uma lista de inspeção (*checklist*) ao menos uma vez por dia; iii – notificar o engenheiro da planta (se houver), ou contatar a assistência técnica do fabricante de tintas sobre qualquer desvio identificado, principalmente se este for um fator não usual (por exemplo, uma variação abrupta e tendenciosa de pH do banho); iv – respeitar a vida útil de componentes, procedendo às manutenções conforme orientações dos fornecedores de elementos, tais como filtros, módulos de ultrafiltração, células de diálise, etc.; v – analisar, registrar e validar quaisquer mudanças reali-

zadas no processo, mantendo também rigoroso controle sobre as quantidades de materiais (resina, pasta e aditivos) adicionados ao tanque.

**Controle de parâmetros operacionais do banho:** Um banho bem controlado é sinônimo de um banho com baixa probabilidade de falhas. Subda J. (2004) lista as principais variáveis a serem controladas visando a produção de uma peça com boa qualidade: teor de não voláteis, temperatura, pH, condutividade, nível (volume de tinta) do tanque e relação pigmento-ligante (P/B) do tanque de tinta; condutividade da água (deionizada ou de osmose reversa); condutividade da solução anolítica; velocidade do fluxo de ultrafiltrado gerado; percentual de não voláteis dos enxágues; percentual de sólidos drenados (material perdido ao longo do processo); espessura do filme seco.

## 10 TIPOS DE DEFEITOS MAIS COMUNS

Ao longo deste artigo, o qual representa um desdobramento de trabalho recentemente publicado por dos Santos, A.C.V. (2019), veremos que diferentes tipos de defeitos no filme eletrodepositado podem ser atenuados ou eliminados através do ajuste de parâmetros operacionais ou de manobras no projeto de instalação. Foram escolhidos dez tipos de defeitos bastante comuns para discussão neste guia:

**1 – Falha adesiva:** dentre todos os tipos de defeito, possivelmente o pior a ser observado em um recobrimento. Quando não há inspeção da peça pintada ao longo do processo, é provável que o problema seja detectado apenas pelo cliente final.

A falha adesiva entre e-coat e substrato é causada por falha de desengraxe ou, em condições muito específicas, quando a superfície pintada é de rugosidade muito baixa. A resolução se dá através de revisão completa do sistema de pré-tratamento e, quando possível e pertinente, através do ajuste da rugosidade do substrato. Esse tipo de falha nos remete a uma máxima importante, porém muitas vezes negligenciada: em e-coat, normalmente, não se pinta o metal-base, mas sim a camada de conversão (isto é, o substrato desengraxado e fosfatizado/tratado com material nanocerâmico). Um substrato mal preparado levará, sem sombra de dúvidas, a uma pintura de qualidade sempre inferior às expectativas do cliente. Jamais encare o pré-tratamento e a qualidade da pintura por eletrodeposição como fatores independentes!

Pode-se observar, em outro cenário, a falha adesiva entre o e-coat e uma segunda camada de pintura (tal como um *primer* ou outro acabamento).

**Recomendação:** O uso de aditivos para ajuste de tensão superficial do filme ou contaminantes arrastados ao longo do processo são os principais causadores da falha. Nestes casos, deve-se determinar novamente se há falha no desengraxe (a equipe de assistência técnica sempre poderá ajudar!) e reavaliar a dosagem de aditivos com ação tensoativa. Boa prática, via de regra, é sequer empregá-los em um banho de eletrodeposição. A Figura 1 exemplifica um *primer* cinza aplicado sobre um e-coat preto, o qual recebeu intencionalmente uma quantidade de tensoativo capaz de provocar a falha adesiva.

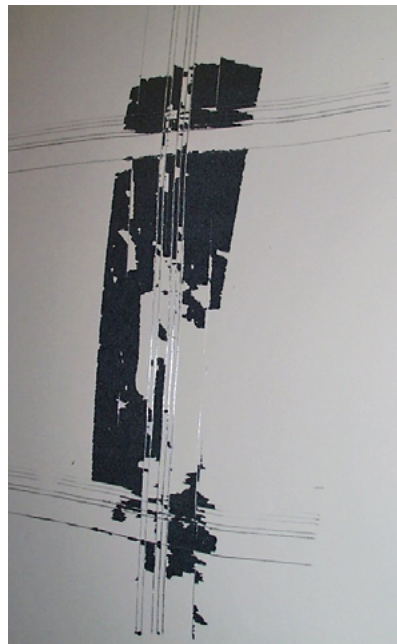


Figura 1: Exemplo de falha adesiva entre e-coat e pintura acabamento

**2 – Crateras:** Apresentam-se como depressões na superfície do filme, lembrando crateras lunares ou depressões com bordas circulares mais elevadas que o centro geométrico do defeito. São causadas pela mudança de tensão superficial em algumas regiões do filme por agentes estranhos ao mesmo, denominados genericamente de contaminantes.

A contaminação pode acontecer tanto antes quanto depois do tanque de e-coat. No primeiro cenário, óleos de estamparia, graxas ou lubrificantes são os materiais mais comuns e que, por limitação no processo de desengraxe ou alta complexidade na geometria da peça (o que dificulta a lavagem), chegam ao tanque de e-coat; já no segundo cenário, o gotejamento de óleo dos transportadores sobre a peça anteriormente pintada pode causar o aparecimento do defeito.

Contaminantes presos em microfissuras do substrato também podem ser liberados durante o processo de cura

da peça, em um processo denominado 'blowout' (algo como 'explosão', em português).

As dimensões (diâmetro e profundidade) e ocorrência (quantidade de defeitos) das crateras são fortemente dependentes do tipo de contaminante e de sua concentração; quanto maior a incompatibilidade, piores são os resultados.

Talvez o aspecto mais sério relacionado a crateras seja a identificação do contaminante em si; não raro, vemos um surto de crateras causado pela introdução pontual (limitada no tempo) do contaminante ao banho, o qual vai sendo lentamente consumido pelo processo de pintura sem que haja tempo hábil para a correta determinação de sua origem.

**Recomendação:** O estabelecimento da causa-raiz é fundamental para a eliminação do contaminante, representando a resolução definitiva do problema. Enquanto não há a correta identificação, medidas como o uso de filtros adsorventes para óleo, o aumento da relação pigmento-ligante (P/B) ou diluição do contaminante com a introdução de resina e pasta, novos ao banho são as únicas ações de contenção disponíveis. O uso de aditivos anticrateras, por apresentarem risco de falha adesiva, devem ser fortemente evitados.

A Figura 2 ilustra um painel repleto de crateras.

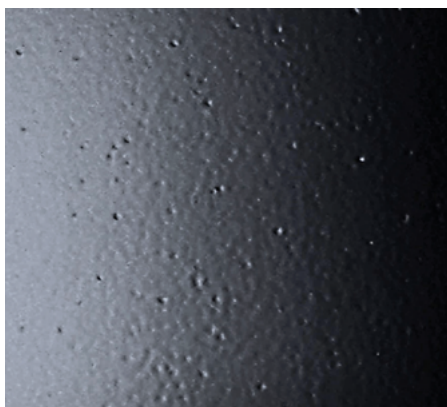


Figura 2: Exemplo de substrato pintado em e-coat contaminado por óleos capazes de gerar crateras

**3 – Coágulos:** Muitas vezes também chamados de grumos, originam-se comumente em processos de má-incorporação da resina e pasta ao banho. Em tanques que apresentam um sistema de pré-homogeneização ('pré-mix'), a mistura direta de resina e pasta, sem que haja diluição prévia de um desses componentes com água deionizada, também pode levar ao defeito.

Outra fonte de coágulos é a introdução de material muito básico ou ácido ao tanque de e-coat; como exemplo, cita-se a adição de biocidas orgânicos diretamente ao tanque de e-coat: seu caráter fortemente ácido pode

gerar coágulos que provocarão o entupimento de filtros e, eventualmente, dos módulos de ultrafiltração. Quando não retidos pelo processo, podem eletrodepositar junto ao filme de tinta, levando a irregularidades típicas na superfície, conforme indicado na Figura 3.

**Recomendação:** Reavaliar a forma de incorporação de resina e pasta ao tanque, checar o pH dos enxágues que antecedem o tanque de e-coat (promovendo a troca dos mesmos, se constatado desvios) e eliminar eventuais arrastes de pré-tratamento para o tanque de tinta são as principais medidas de correção.

O aumento do nível de solventes ao tanque possui resposta limitada para esses casos. Finalmente, enquanto não houver estabilização do processo, aumentar a frequência de inspeção dos filtros (e sua eventual troca) é uma boa prática!



Figura 3: Exemplos de coágulos causados pela má-dispersão de resina e da pasta ao banho de e-coat

**4 – Baixa espessura da camada do filme curado:** filmes de e-coat cujas camadas são muito baixas normalmente apresentam um aspecto irregular (rugoso) e com variação colorimétrica considerável (manchas), uma vez que o filme não será capaz de cobrir/ocultar o substrato de maneira eficiente.

A Figura 4 (próxima página) evidencia uma superfície com essas características. Devemos também considerar que o desempenho contra a corrosão possa estar comprometido, visto que a proteção do e-coat se dá principalmente pela barreira física que o filme confere à superfície.

A baixa espessura pode ser causada por uma série de fatores, a saber, por Hunt T.M. (1999): i - baixa tensão de aplicação; ii – tempo de eletrodeposição insuficiente; iii – baixo teor de solvente no banho; iv – baixa temperatura

do banho de tinta; v – baixa condutividade do banho e/ou da solução anolítica; vi – baixa área anódica; vii – conexões elétricas com problemas; viii – alto peso de camada do fosfato; ix – baixo pH; x – baixo teor de sólidos do banho.

**Recomendação:** Brevemente, as ações corretivas seriam: i – aumento da tensão de aplicação; ii – redução da velocidade de linha/aumento do tempo de eletrodeposição da peça; iii – aumentar o teor de solvente do banho; iv – aumentar a temperatura do banho de tinta; v – aumentar a condutividade do banho através da suspensão do descarte de ultrafiltrado e, para a solução anolítica, revendo o limite inferior estabelecido; vi – rever o estado dos ânodos – talvez seja hora de trocá-los – ou através do aumento da área anódica (quando aplicável); vii – rever todo o sistema elétrico da instalação, o que passa pela checagem do revestimento do tanque, das conexões (principalmente entre o dispositivo transportador e a peça a ser pintada) e do estado das células de diálise; viii – reduzir o peso da camada de fosfato; ix – aumentar o pH através do abastecimento de resina e pasta ao sistema ou da drenagem e descarte de ultrafiltrado, completando o tanque com água deionizada; é ainda conveniente verificar o estado da célula de diálise, assegurando-se de que não haja perda de solução anolítica para o tanque; x – ajustar o teor de sólidos do banho através da adição de resina e pasta ao sistema.



Figura 4: Exemplo de painel pintado com baixa camada (6 µm) de e-coat. As ‘manchas’ claras indicam que o substrato não está visualmente oculto pela tinta (cobertura insuficiente)

**5 – Condensado de estufa:** Diferentemente dos outros defeitos vistos até o momento, este possui causa única: a falta de limpeza das estufas. Genericamente designado no mercado como ‘alcatrão’, é caracterizado por pontos escuros, de coloração bastante diferente do filme, com ocorrência maior em regiões horizontais da peça pintada.

Durante a reação de cura do e-coat, alguns subprodutos são liberados. Em estufas com baixo nível de circulação e renovação de ar, esses resíduos tendem a se recombinar e acumular nas paredes do equipamento; em um dado momento, o acúmulo torna-se significativo e parte do material começa a se desprender e cair na peça (‘gotejamento’). A área atingida pode tornar-se suscetível à corrosão, pois parte do filme é danificado ou removido durante o gotejamento.

A Figura 5 mostra microfotografias do referido defeito.

**Recomendação:** Um plano de manutenção preventiva da estufa, que contemple a limpeza em períodos regulares, é a única forma de evitar o defeito.

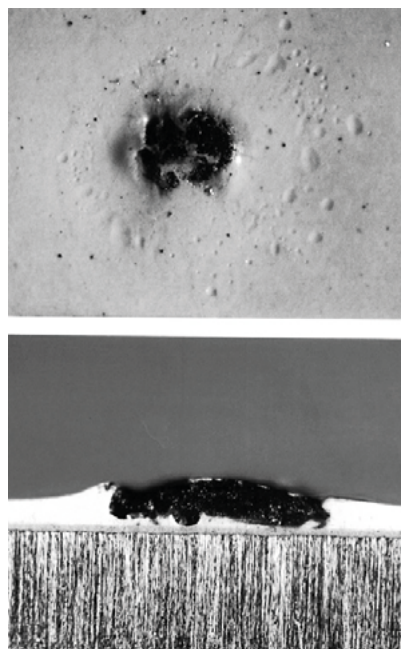


Figura 5: Microfotografias ilustrando uma gota de condensado de estufa que atingiu o filme de e-coat cinza antes que a cura da tinta estivesse completa. Vista superior (acima) e corte transversal (abaixo)

**6 – Escorrimento em sobreposição de chapas:** É causado pelo arraste do banho por ação capilar na junção/sobreposição de chapas. O banho aprisionado nesses interstícios, e que não é removido eficientemente nos estágios de enxágue, é expulso durante o processo de

cura. Ao sair, por ainda conter grande quantidade de água e solventes, ferve e danifica o filme ao redor, o qual já se encontra seco, porém ainda em fase de reticulação.

A Figura 6 ilustra uma pequena sobreposição de chapas, na qual se visualizam os pontos de escorrimento na área de junção entre elas.

**Recomendação:** Para este caso, melhorias no processo de lavagem da peça, tais como aumento do número de bicos e volume de enxágue, ou a instalação de sopradores, são fortemente recomendados. Normalmente não se observam melhorias significativas com ajustes de quaisquer parâmetros de banho. Em casos mais graves, somente a revisão do processo de estampagem/grafagem da peça pode levar à eliminação do defeito.



Figura 6: Exemplo de escorrimento entre sobreposição de chapas. Os escorridos são mais intensos no lado direito da junção

**7 – ‘Pinholing’ (ou ‘outgassing’):** Em português, poderia ser traduzido como ‘perfurações’, mas o termo é empregado essencialmente em inglês. O defeito assemelha-se a pequenos ‘vulcões’. Em seu centro há descontinuidade do filme de e-coat, o que expõe o substrato. É essencialmente observado em substratos galvanizados/zincados de baixa qualidade ou em linhas cujo retificador apresente problemas funcionais, tais como um alto nível de *ripple* (recomenda-se que o mesmo não seja superior a 5%).

Segundo Oravitz, C. (2002), “substratos pré-revestidos (galvanizados ou zincados diversos) podem apresentar microespaços vazios. Esses espaços podem permitir que os gases, gerados no processo de eletrodeposição, sejam aprisionados abaixo do filme de tinta. Durante o processo de cura, os gases são expulsos, deixando para trás o buraco com formato de vulcão’.

A Figura 7 demonstra um painel contendo quantidade apreciável de pinholes, as perfurações geradas no processo de *pinholing*.

**Recomendação:** Uma vez identificado o defeito, o primeiro passo é inspecionar o retificador; se o mesmo estiver operando dentro da normalidade, a tratativa torna-se mais complexa, pois envolverá: a) a redução da tensão de aplicação alinhada a uma diminuição do teor de solventes do banho para redução da velocidade de eletrodeposição, o que na prática obriga a uma desaceleração da linha ou à perda de camada do filme – dois fatores indesejados para o aplicador; b) a troca do metal pré-revestido por material de qualidade superior (o que usualmente é sinônimo para material mais caro – algo também indesejado pelo aplicador).



Figura 7: Exemplo de painel pré-revestido (galvannealed), o qual foi submetido à tensão alta o bastante para causar dezenas de pinholes

**8 – ‘Popping’:** Mais um defeito cujo nome também é inglês e remete a ‘estouro’. Muitas vezes confundido com o *pinholing*, por também formar minivulcões, mas possui uma diferença crucial: sua estrutura gera saliências perceptíveis ao toque ou manuseio: a superfície pintada parece conter uma inscrição em braille. É também um defeito associado ao substrato, onde pré-revestimentos galvanizados ou zincados de baixa qualidade estão sujeitos ao problema. Acredita-se que, durante o processo de estampagem das peças, há a geração de microfissuras no pré-revestimento. Estas, quando submetidas ao banho de desengraxante quente, sofrem deformações térmicas que aprisionarão materiais ao longo dos processos subsequentes (que operam próximos à temperatura ambiente). O aquecimento em estufa provoca a liberação violenta do material ocluído, rompendo e deformando o filme em fase avançada de reticulação.

A Figura 8 ilustra um painel contendo o defeito; é realmente difícil diferenciá-lo do 'pinholing' apenas por análise visual.

**Recomendação:** A correção pode envolver a redução da temperatura do desengraxante (o que nem sempre é possível) ou a troca do substrato. Lembre-se: é importante acionar a assistência técnica do fornecedor dos produtos de pré-tratamento antes de realizar qualquer modificação!



Figura 8: Exemplo de painel com alto nível de popping

**9 – Lavagem deficiente e marcas d'água:** Limitações no processo de lavagem podem gerar um filme rugoso/áspero causado pela remoção incompleta do *cream coat*, a tinta parcialmente coagulada que não aderiu adequadamente ao substrato.

O volume insuficiente de ultrafiltrado empregado para o enxágue é o fator mais comum. Em linhas já bem estabelecidas, o defeito pode surgir quando novos modelos de peças com geometrias complexas são introduzidos no processo.

**Recomendação:** Neste caso, faz-se necessário rever todo o sistema de enxágue, redirecionando bicos de aspersão e ajustando a pressão/volume de ultrafiltrado para lavagem.

É sempre boa prática verificar as condições do bico de aspersão e também do volume de ultrafiltrado gerado pelos módulos disponíveis na instalação.

A Figura 9 ilustra uma pintura na qual houve lavagem deficiente. As regiões, na mesma figura, em que se observam pequenas elipsoides são denominadas genericamente por 'marcas d'água': tratam-se de acúmulos de material de enxágue (ultrafiltrado ou água) que não escorreram durante o processo de lavagem.



Figura 9: Exemplo de painel cujo enxágue pós-aplicação foi deficiente

**10 – Aspecto deficiente:** Comumente chamado de 'casca de laranja', pela similaridade de textura entre ambos (principalmente quando a laranja possui pouco suco...), é um defeito de ordem estética, o que usualmente não compromete o desempenho anticorrosivo do filme.

Caracteriza-se por uma superfície de alta rugosidade, por vezes sem um padrão regular. Várias são as fontes deste defeito, dentre as quais podemos citar: i - relação pigmento - ligante (P/B) acima dos limites recomendados pelo fornecedor; ii - baixo teor de solventes no banho; iii - contaminação microbiológica do banho; iv - espessura do filme seco além dos limites especificados pelo fornecedor; v - tensão excessivamente elevada; vi - nível de *ripple* do retificador acima de valores aceitáveis (normalmente, superior a 5%); vii - camada de conversão com falha de continuidade; viii - temperatura elevada (o que leva a um aumento de camada); ix - relações entre áreas de ânodo/cátodo inadequadas; x - arraste ('*drag out*') do sistema de pré-tratamento para o tanque de e-coat.

A Figura 10 (próxima página) ilustra um filme e-coat com nível elevado de casca de laranja.

**Recomendação:** Temos as seguintes opções de correção, obedecendo-se às identificações prévias: i - suspender temporariamente a adição de pasta, mantendo os sólidos do banho através de maior adição de resina até que o P/B retorne a valores aceitáveis; ii - proceder à adição de volume(s) adequado(s) de solvente(s); iii - proceder à descontaminação imediata do banho, estendendo a avaliação (e eventual correção) a todos os outros estágios do processo de pintura; iv - reduzir a temperatura do banho, a tensão ou o teor de solventes (se acima de valores

usuais); v – reavaliar a rampa de aplicação do material; se possível, abaixar a tensão máxima e aumentar o tempo necessário para que o valor máximo seja atingido (em termos mais simples, 'suavizar a aplicação'); vi – proceder imediatamente ao reparo do retificador; vii – acionar a equipe de assistência técnica do pré-tratamento, visando correção do defeito; viii – reduzir a temperatura, o que diminuirá a velocidade de eletrodeposição; ix – verificar o nível de desgaste dos ânodos, substituindo-os; verificar a relação ânodo/cátodo do processo no cenário atual, acionando células anolíticas que porventura tenham sido desativadas no passado ou instalando unidades complementares (eletrodos nus), caso a relação esteja fora do intervalo adequado à instalação; x – eliminar o arraste o mais rápido possível; drenar e descartar parte do ultrafiltrado, completando o tanque com água para diluição dos contaminantes.



Figura 10: Exemplo de pintura com alto nível de casca de laranja

## CONCLUSÕES

O controle de parâmetros da instalação de pintura por eletrodeposição é fundamental para uma operação tranquila, devendo-se estender também aos estágios anteriores do pré-tratamento. Devemos ter em mente que a mudança de qualquer parâmetro operacional para a correção de um defeito pode desdobrar em uma nova falha; por exemplo, baixar a tensão de aplicação para minimizar *pinholing* em uma linha contínua pode gerar grupos de peças com baixa camada.

Via de regra, dado o enorme número de variáveis interdependentes, uma modificação de processo deve ser rigorosamente estudada e validada após a implementação. O estado futuro, muitas vezes, será o melhor com-

promisso entre produtividade e custo operacional, o que dificilmente representará uma resposta tecnicamente 'perfeita' (se é que perfeição existe)!

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece aos profissionais José Valdir Guindalini pela revisão técnica do artigo e a Viviane Santos Souza pela edição das imagens.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Subda, J., *Efficient Electrocoat Tank Operation*, Products Finishing, (2004). Artigo publicado na internet em 01 de março de 2004 e disponível em <https://www.pfonline.com/articles/efficient-electrocoat-tank-operation>.
2. dos Santos, A.C.V., *A proteção de superfícies metálicas através da pintura por eletrodeposição (e-coat) catódica*, Tratamento de Superfície, 217 (2019) 30-35.
3. Hunt T.M., *Chapter 10 Troubleshooting of an electrocoat bath*, Axalta Electrocoat Training Manual and Field Guide, (1999).
4. Oravitz, C., *Electrocoating - A guidebook for finishers*, The Electrocoat Association, 1st ed., (2002) 171. ▲

# BOMBAS DOSADORAS



Regulagem manual  
analógica ou digital

Temos também bombas a motor  
com vazões de até 1.000L/h

## CONTROLADORES



PH, RX, CL &  
Condutividade



ETATRON D.S.

ETATRON DO BRASIL  
vendas@etatron.com.br

(11) 3228 5774  
www.etatron.com.br

Crição Revista Hydro