

Cadeia de Custódia de Resíduos Eletroeletrônicos: Integridade, Continuidade e Rastreabilidade da Evidência

Um modelo conceitual para reconstruir a trajetória de objetos e lotes sem confundir documentação com conformidade

Marcio Villanova

Ecobraz Emigre

ORCID: 0009-0001-8072-6287

São Paulo, Brasil | Julho de 2026 | Versão 1.0

PUBLICAÇÃO TÉCNICA AUTORAL - NÃO SUBMETIDA A REVISÃO POR PARES

Registro da publicação

AUTOR	Marcio Villanova
AFILIAÇÃO	Ecobraz Emigre
CONTATO	contato@ecobraz.org.br
ORCID	https://orcid.org/0009-0001-8072-6287
TIPO	Relatório técnico autoral
VERSÃO	1.0
DOI	https://doi.org/10.5281/zenodo.21398390
CORTE NORMATIVO	16 de julho de 2026; reconfirmar a versão vigente antes do depósito e do uso decisório.
CITAÇÃO SUGERIDA	VILLANOVA, Marcio. Cadeia de Custódia de Resíduos Eletroeletrônicos: Integridade, Continuidade e Rastreabilidade da Evidência. Cadernos Técnicos Ecobraz Emigre, Relatório 04. São Paulo, Brasil: Ecobraz Emigre, 2026. Versão 1.0. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.21398390 .

Transparência e limitações gerais

Método	Análise técnico-conceitual de normas públicas, orientações oficiais e literatura institucional. O trabalho não utiliza dados de clientes, não mede o desempenho da Ecobraz e não apresenta validação empírica de uma população de operações. As matrizes propostas são instrumentos analíticos, não normas, certificações ou pareceres.
Afiliação e interesse	O autor é CEO da Ecobraz Emigre, organização atuante no setor analisado. A afiliação e o potencial interesse institucional são declarados para que as conclusões sejam avaliadas com base no método, nas fontes e nas limitações apresentadas.
Revisão	Relatório técnico autoral. Não submetido a revisão por pares e não emitido por autoridade pública, organismo de acreditação ou entidade certificadora.
Limite profissional	O conteúdo é informativo e não substitui avaliação jurídica, ambiental, contábil, fiscal, de segurança da informação, licenciamento, classificação de resíduos ou trabalho de responsável técnico habilitado. Requisitos estaduais, municipais, contratuais e setoriais devem ser verificados no caso concreto.
Disponibilidade de dados	Nenhum conjunto de dados primário foi produzido. Dados agregados publicados foram utilizados apenas para contextualização, sem análise estatística própria.
Direitos	© 2026 Marcio Villanova. A citação com atribuição é autorizada. A reprodução integral, adaptação ou uso comercial depende de autorização do titular.

Sumário

1. Definição adotada e limites do termo	4
2. Objeto, unidade e granularidade	5
3. Modelo de Continuidade Evidencial	5
4. MTR, recebimento e CDF: funções distintas	6
5. Continuidade temporal e custódia	7
6. Rupturas de continuidade	7
7. Uso em contratos, auditoria e comunicação	8
8. Limitações e conclusão	8

Resumo

Este relatório propõe uma arquitetura conceitual de cadeia de custódia para ativos e resíduos eletroeletrônicos corporativos. Cadeia de custódia é tratada como capacidade de manter ligação reconstruível entre objeto ou lote, custodiante, evento, tempo, resultado declarado e evidência. O termo não é apresentado como obrigação textual universal da Política Nacional de Resíduos Sólidos nem como sinônimo de rastreabilidade, auditoria ou conformidade. A ISO 22095 fornece terminologia e modelos genéricos, enquanto fontes da OECD mostram que cadeia de custódia é um meio para rastreabilidade e não substitui due diligence. No sistema brasileiro, MTR e CDF possuem funções documentais complementares: o MTR é autodeclaratório e acompanha a movimentação; o CDF é emitido pelo destinador para registrar tratamento ou destinação declarados. Nenhum deles, isoladamente, demonstra toda a trajetória, autenticidade de todos os registros, qualidade técnica do tratamento ou cobertura completa do universo original. A contribuição do trabalho é o Modelo de Continuidade Evidencial, composto por seis ligações sem score: identidade, custódia, evento, tempo e local, resultado e ligação entre registros. O modelo expõe rupturas sem publicar campos internos, tecnologia, controles antifraude ou procedimentos da Ecobraz.

Palavras-chave

cadeia de custódia; rastreabilidade de resíduos; resíduos eletroeletrônicos; MTR; CDF; continuidade evidencial; Ecobraz Emigre.

TESE CENTRAL

Cadeia de custódia não é quantidade de documentos. É a continuidade demonstrável entre identidade, custodiantes, eventos, tempo, resultado e registros. Documentos individualmente válidos podem permanecer insuficientes quando a ligação entre eles se rompe.

Conclusões executivas

- Cadeia de custódia e rastreabilidade são relacionadas, mas não equivalentes; a primeira pode apoiar a segunda sem substituir due diligence ou avaliação do resultado.
- O MTR é documento autodeclaratório de movimentação e não prova sozinho reciclagem, tratamento ou destinação efetiva.
- O CDF registra a destinação declarada pelo destinador e é evidência formal relevante, mas não auditoria independente de toda a cadeia.
- A consolidação de ativos em lotes e materiais é compatível com controle, desde que a ligação com a origem e as regras de transformação permaneçam verificáveis.
- Ruptura de identidade, lacuna temporal, custodiante ambíguo, divergência quantitativa ou resultado desconectado limitam a alegação.
- Rastreabilidade completa não significa, por si, destinação legal, qualidade técnica, impacto ambiental ou ausência de fraude.

1. Definição adotada e limites do termo

Para este relatório, cadeia de custódia é o conjunto de relações que permite reconstruir quem manteve controle sobre um objeto ou lote, quais eventos ocorreram, quando e onde ocorreram, qual resultado foi declarado e quais registros sustentam cada transição. A definição é propositalmente operacional. Ela não afirma que a expressão aparece como obrigação literal em toda norma brasileira aplicável a resíduos eletroeletrônicos.

Rastreabilidade é a capacidade mais ampla de acompanhar e verificar entidades, origem, percurso e transformação. Cadeia de custódia é um dos meios de organizar essa informação. A OECD, ao tratar de minerais críticos, alerta que informação incompleta produz rastreabilidade parcial e que cadeia de custódia não é suficiente, sozinha, para due diligence. O princípio é usado aqui como referência técnica, não como obrigação jurídica direta para todos os fluxos de resíduos eletrônicos (OECD, 2025).

DISTINÇÃO CENTRAL

Uma trajetória pode ser rastreável e ainda conter destinação inadequada. Também pode haver documentos ambientais formalmente relevantes sem continuidade suficiente para ligá-los ao universo original.

2. Objeto, unidade e granularidade

Toda cadeia precisa definir sua unidade de controle. O objeto pode ser um ativo identificado por número de série, uma mídia, um lote, uma categoria de material ou uma massa consolidada. Nenhuma unidade é universalmente superior. A escolha precisa ser compatível com o risco e com a alegação final. Segurança de dados pode exigir granularidade de mídia; destinação material pode operar por lote e massa; patrimônio pode exigir identidade por ativo.

Quadro 1. Unidades de controle e seus limites

Unidade	Uso possível	Perda potencial de informação
Ativo individual	Conciliação patrimonial e custódia por equipamento.	Componentes ou mídias não inventariados dentro do ativo.
Mídia individual	Tratamento e evidência de dados por suporte.	Destino ambiental do restante do equipamento.
Lote	Movimentação e recebimento de conjunto identificado.	Identidade individual se o mapeamento não for preservado.
Categoria material	Processamento e destino por tipo de material.	Relação com ativos de origem e componentes removidos.
Massa consolidada	Reconciliação física e alocação entre saídas.	Identidade unitária e diferenças ocultas por agregação.

A cadeia pode mudar de unidade. A transição de ativos para lote, de lote para componentes e de componentes para massas recuperadas é legítima quando a transformação é registrada. Sem essa regra de transformação, o documento final pode ser verdadeiro sobre a massa recebida e ainda insuficiente para demonstrar o destino de cada item do inventário inicial.

3. Modelo de Continuidade Evidencial

O modelo proposto contém seis ligações. Nenhuma recebe peso ou pontuação. Sua finalidade é permitir que auditoria, compliance e gestão operacional descrevam exatamente onde a trajetória é reconstruível e onde há ruptura. A existência de uma ruptura não prova ilícito ou dano. Ela limita a força da conclusão até esclarecimento.

Quadro 2. Modelo de Continuidade Evidencial

Ligação	Pergunta de controle	Sinal de ruptura
Identidade	Qual objeto, lote ou massa está abrangido?	Identificador inexistente, duplicado ou alterado sem relação.
Custódia	Quem controlou o objeto antes e depois de cada transição?	Entrega sem recebimento ou custodiante não definido.
Evento	Qual ação ocorreu e sobre qual escopo?	Verbo genérico que mistura coleta, tratamento e destino.
Tempo e local	Quando e onde o evento foi executado?	Sequência impossível, lacuna ou local incompatível.
Resultado	Qual estado foi alcançado e como foi declarado ou verificado?	Resultado sem objeto ou tecnologia correspondente.
Encadeamento	Como o registro se conecta ao anterior e ao seguinte?	Documentos válidos, porém sem chave ou regra de ligação.

A ISO 22095 fornece estrutura genérica de terminologia e modelos de cadeia de custódia. Este relatório usa apenas seu escopo público como referência. Não reproduz requisitos da norma paga e não declara conformidade com ela. Os modelos genéricos precisam ser adaptados ao objeto, ao risco e às regras do setor (ISO, 2020).

4. MTR, recebimento e CDF: funções distintas

A Portaria MMA nº 280/2020 institui o MTR Nacional como ferramenta de gestão e documento declaratório para a movimentação de resíduos. O MTR é numerado e autodeclaratório. Ele acompanha a carga e conecta informações sobre gerador, transportador, resíduo e destino declarado. Sua emissão não prova que o destinador recebeu a carga, aplicou a tecnologia informada ou concluiu a destinação (MMA, 2020).

O recebimento ou aceite registra a chegada declarada e pode conter correções de quantidade ou classificação. O CDF é emitido pelo destinador e registra quantidades e tecnologia de tratamento ou destinação informadas para MTRs recebidos. A própria Portaria determina que MTR, recibo de entrega e aceite da carga não substituem o CDF. Isso confirma a separação dos eventos, mas não transforma o CDF em auditoria independente ou garantia de toda a cadeia.

Quadro 3. Alcance documental em alto nível

Registro	Evento que pode sustentar	O que não sustenta isoladamente
MTR	Movimentação declarada da carga identificada.	Recebimento, tecnologia aplicada ou destinação concluída.
Aceite ou recebimento	Chegada ou aceitação declarada no destino.	Tratamento posterior ou cobertura de itens não recebidos.
CDF	Tratamento ou destinação declarados pelo destinador para os MTRs relacionados.	Auditoria independente, qualidade técnica ou trajetória anterior completa.
Relatório consolidado	Síntese dos registros-base referenciados.	Correção de lacunas ou autenticidade automática dos registros subjacentes.

5. Continuidade temporal e custódia

A sequência temporal precisa ser possível, mas não precisa ser instantânea. Armazenamento temporário, consolidação e processamento podem criar intervalos. O controle deve explicar onde o material esteve, quem o controlou e qual evento justificou a mudança de estado. Datas idênticas, sobrepostas ou fora de ordem não provam fraude; exigem esclarecimento quando impedem a reconstrução.

Custódia também não se resume ao transportador. Pode envolver área interna, operador de coleta, armazenador temporário, destinador e elos posteriores. A organização deve distinguir custódia física, propriedade, responsabilidade contratual e responsabilidade regulatória. Essas categorias podem coincidir, mas não são automaticamente equivalentes.

- Registrar entrega e recebimento como eventos separados.
- Preservar origem quando cargas de diferentes geradores forem consolidadas.
- Manter ligação com o MTR ou sistema estadual aplicável.
- Distinguir unidade física, lote, categoria e massa após transformação.
- Documentar exceções sem reescrever silenciosamente o registro original.

6. Rupturas de continuidade

Ruptura de continuidade é a impossibilidade de ligar um estado ao seguinte com segurança suficiente para a alegação. Ela pode ser total ou parcial. Um lote pode ter trajetória ambiental bem documentada e mídias sem ligação individual; pode ter MTR e CDF coerentes, mas inventário inicial incompleto; ou pode ter todos os documentos, porém divergência material de quantidade. Cada ruptura afeta conclusões diferentes.

Quadro 4. Exemplos de ruptura e efeito sobre a alegação

Ruptura	Efeito	Resposta conceitual
Identidade perdida após consolidação	Destino do lote não volta a ativos específicos.	Restringir a alegação ao nível realmente preservado.
Transferência sem aceite	A custódia posterior não está demonstrada no dossiê.	Obter confirmação ou manter exceção aberta.
Massa recebida divergente	Universo físico não está conciliado.	Investigar causa e registrar ajuste aprovado.
CDF sem relação com MTR do lote	Destino declarado não está ligado à remessa.	Não usar o CDF para fechar aquele universo.
Documento fora do período	Sequência temporal não sustenta o evento declarado.	Verificar erro de data, versão ou lote.
Tecnologia incompatível com o ato autorizativo aplicável	Rastreabilidade não resolve adequação regulatória.	Submeter a qualificação técnica e jurídica própria.

CUIDADO PROBATÓRIO

Ruptura documental não é sinônimo de destinação inadequada; destinação inadequada também pode ocorrer em cadeia perfeitamente rastreável. Continuidade e adequação são testes separados.

7. Uso em contratos, auditoria e comunicação

O contrato deve definir a unidade de controle, os eventos esperados, a documentação, o tratamento das diferenças e o nível de consolidação. Termos como rastreabilidade total ou cadeia auditável precisam de universo, período e critério. Sem isso, o fornecedor e o contratante podem atribuir significados diferentes à mesma entrega.

Quadro 5. Perguntas de governança antes de aceitar uma conclusão

Pergunta	Por que importa
Qual é o universo e a unidade de controle?	Define a cobertura e impede generalização.
Quais mudanças de unidade ocorreram?	Explica consolidação, desmontagem e conversão em massa.
Quem manteve custódia em cada intervalo?	Torna transferências e lacunas visíveis.
MTR, recebimento e CDF estão ligados?	Separa movimentação, aceite e destino declarado.
Quais exceções permanecem?	Evita que o relatório consolidado oculte itens não fechados.
A alegação exige também teste de licença ou capacidade?	Rastreabilidade não substitui due diligence.

A comunicação externa deve declarar o que a cadeia permite sustentar. Se a organização possui documentação de coleta e movimentação, deve evitar converter isso em taxa de reciclagem. Se possui CDF para parte do lote, não deve atribuir o resultado a todos os ativos. Se a cadeia é parcial, a redação deve ser parcial. Precisão é mais defensável que um adjetivo amplo.

8. Limitações e conclusão

O Modelo de Continuidade Evidencial não testa autenticidade, não detecta fraude, não define campos obrigatórios, não audita sistemas e não determina validade jurídica. Não contém tecnologia de rastreamento, regras de alocação, thresholds, controles antifraude ou procedimentos da Ecobraz.

A conclusão é que documentação só se transforma em cadeia quando as relações entre registros permanecem reconstruíveis. Identidade, custódia, evento, tempo, resultado e encadeamento são testes independentes. Uma cadeia consistente fortalece a evidência, mas não substitui classificação, licenciamento, due diligence, verificação técnica ou análise do impacto.

Referências

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 280, de 29 de junho de 2020. Institui o Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR Nacional. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-280-de-29-de-junho-de-2020-264244199>

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 22095:2020. Chain of custody - General terminology and models. Geneva, 2020. Página oficial de escopo. <https://www.iso.org/standard/72532.html>

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. The Role of Traceability in Critical Mineral Supply Chains. Paris, 2025.

https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/02/the-role-of-traceability-in-critical-mineral-supply-chains_4e5cc44a/edb