



www.sis.org.br

Contribuições para a Taxonomia Sustentável Brasileira

CNAE E: Destinação de resíduos sólidos

Sumário

1o. ponto – Exclusões	2
2o. ponto – Inclusões:.....	2
E6 – Coleta e transporte de resíduos não perigosos	2
E7 – Recuperação de materiais recicláveis ou reutilizáveis.....	2
E8 – Centrais de compostagem	3
E9 – Digestão anaeróbica de resíduos orgânicos	5
E10 – Tratamento e destinação de resíduos não perigosos (captura de gás de aterro).....	6
E11 – Construção de aterros sanitários de resíduos sólidos	7
E12 – Mineração Urbana de Resíduos Eletroeletrônicos.....	9
3º. ponto – Níveis de contribuição à sustentabilidade	13

1o. ponto – **Exclusões:**

Não foi encontrado nenhum ponto cuja exclusão se sugere.

2o. ponto – **Inclusões:**

São apresentadas sugestões para cada um dos itens de E6 a E11. Sugere-se a inclusão de um item E12, tratando da destinação de resíduos eletroeletrônicos.

E6 – Coleta e transporte de resíduos não perigosos

Apresentamos sugestão de aprimoramentos no texto da “Descrição”:

“As atividades de coleta e transporte de resíduos não perigosos devem incluir infraestrutura especializada para garantir a segregação das frações na origem, priorizando a reutilização, reciclagem e destinação ambientalmente adequada dos rejeitos. Essa infraestrutura deve contar com contêineres apropriados para diferentes tipos de resíduos, veículos otimizados com sistemas mecanizados ou semimecanizados de coleta e tecnologias avançadas, como monitoramento por GPS e plataformas digitais para rastreamento e gestão eficiente.”

Ferramentas digitais como monitoramento via GPS promovem rastreabilidade e controle logístico, conforme recomendam, por exemplo, o [Caderno Temático de Regulação](#) e o [Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos](#).”

Sugere-se a inclusão de um critério E no item “Contribuição substancial para o objetivo 1 – Mitigação da mudança do clima”:

“Conversão da frota para veículos otimizados e sustentáveis, movidos a combustíveis renováveis, como biometano ou eletricidade, equipadas com tecnologia mecanizada ou semimecanizada de coleta, além de possuir sistema híbrido que recupera energia cinética gerada durante a frenagem dos veículos e a armazena em ultracapacitores para aumentar a eficiência logística e reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE); uso de tecnologias de monitoramento da frota para redução dos percursos”.

E7 – Recuperação de materiais recicláveis ou reutilizáveis

Sugere-se a adição do CNAE: 38.39-4-99: Recuperação de materiais não especificados anteriormente.

Sugere-se a inclusão dos seguintes exemplos de atividades no item “Recuperação de materiais” (página 20):

- *Processamento mecânico de resíduos: inclui a trituração e moagem de materiais como plásticos, papelão e madeira, além da separação magnética para recuperação de metais ferrosos e não ferrosos.*
- *Triagem semiautomatizada: utiliza esteiras automatizadas com sistemas de separação óptica e pneumática para a classificação de resíduos secos, com apoio manual dos catadores na separação.*
- *Recuperação de materiais de construção e demolição: engloba a britagem de resíduos de concreto e tijolos para a fabricação de agregados reciclados, bem como a reutilização de madeira proveniente de demolições.*
- *Manufatura de matérias-primas secundárias: abrange a separação semimecanizada de plásticos, papéis e metais para a transformação em matéria-prima secundária, além da produção de fibras têxteis a partir de resíduos têxteis recicláveis.*
- *Valorização de vidros e cerâmicas: compreende a trituração e fusão de vidro para a produção de novas embalagens ou produtos, bem como o reaproveitamento de resíduos cerâmicos em revestimentos ou pavimentação.*
- *Reciclagem socialmente inclusiva: envolve a coleta seletiva e triagem realizadas por cooperativas ou outras formas de associação de catadores constituídas por pessoas físicas de baixa renda, bem como por catadores autônomos, promovendo a inclusão social e a geração de renda.*

Sugere-se a inclusão do seguinte item elegível adicional no critério B do item “Contribuição substancial para o objetivo 1 – Mitigação da mudança do clima” (página 21) , como parte de esforços para promover inclusão social e aumento da eficiência da coleta seletiva:

- “iii. Pontos de entrega voluntária (PEVs) e sistemas de triagem operados por cooperativas ou outras formas de associação de catadores com sua localização.*
- iv. Proteção dos catadores contra eventos extremos, pois 91% dos catadores relatam enfrentar eventos climáticos severos, como enchentes e ondas de calor ([WIEGO, 2023](#))*
- v. Criação de infraestrutura resiliente: barracões e áreas de triagem devem ser projetados para resistir a eventos climáticos e garantir condições de trabalho seguras.*
- vi. Mecanismos para organização coletiva e registro dos catadores autônomos no Registro Nacional de Catadores, garantindo acesso facilitado a programas sociais ([MMA, 2024](#))*
- vii. Programas de treinamento e qualificação dos trabalhadores no uso de novas tecnologias e boas práticas ambientais ([ANCAT, 2025](#)), bem como em projetos para acesso ao Fundo de Apoio ao Trabalho Decente, com subsídios para infraestrutura e melhoria das condições de trabalho nas associações de catadores ([GOMES; CAVALCANTI, 2024](#))”*

E8 – Centrais de compostagem

Sugere-se atualizar a denominação para “Unidades de compostagem”, terminologia que está em acordo com o PLANARO (Plano Nacional de Redução e Reciclagem de Resíduos Orgânicos

Urbanos), visto que “centrais de compostagem” é um termo antigo que remete à unidades centralizadas, e hoje o sistema tende à descentralização para maior eficiência.

É necessário destacar que a revisão dos CNAEs será necessária visto que hoje dentro do sistema do CNAE estão misturadas a compostagem descentralizada (de pequeno e média porte) com base em resíduos segregados na fonte com “usinas de lixo”, que realizam tratamento biológica de resíduos misturados com alto potencial contaminante.

Sugere-se remover o item iii do item C: as informações necessárias já constam no item ii.

Atualmente existem diversos métodos de compostagem, em que, para reduzir a geração de odor e emissões é reduzida a aeração e revolvimento (como método desenvolvido em pesquisas na UFSC sendo o principal método utilizado hoje pelas cidades), permitindo soluções descentralizadas e intraurbanas. A qualidade do método não está associada somente ao sistema de aeração, mas a uma boa “aeração” do sistema que pode ocorrer sem um sistema de aeração (uma estruturação adequada e arquitetura da leira, por exemplo).

Sugere-se remover a necessidade de a compostagem atender a todos os critérios: atualmente a compostagem não atinge nem 0,3% do total de resíduos sólidos urbanos no Brasil, portanto é necessário expandi-la rapidamente, aumentar a reciclagem de resíduos orgânicos e reduzir a segunda maior fonte de emissões de metano no país: resíduos orgânicos em aterros sanitários. A obrigatoriedade de a compostagem atender todos os critérios é desnecessária, visto que os modelos podem ser diversos e complexos, como por exemplo, um empresa de compostagem pode utilizar o composto para substrato de plantas, ou reflorestamento, ou recuperação de áreas degradadas ou ainda devolver aos municípios, o que não atenderia o critério B. Da mesma forma, hoje existem sistemas de compostagem que não recebe, resíduos segregados na fonte (como o UTMB da Ceilândia em Brasília), mas que produzem material final que atende “às normas nacionais sobre fertilizantes ou melhoradores de solo para uso agrícola” e pode ser uma solução de transição a ser utilizada para o resíduo ainda sem segregação na fonte. Dessa forma, estabelecer que o projeto deve atender a pelo menos um dos critérios (como descrito em outras atividades E6, E7 e E11) é o ideal no momento do setor, permitindo que soluções diversas se expandam.

Sugere-se a seguinte redação para o critério C do item “Contribuição substancial para o objetivo 1 – Mitigação da mudança do clima” (página 22):

“- Minimização de emissões e monitoramento:

i. As perdas de metano durante o processo de produção do composto devem ser minimizadas, garantindo condições aeróbias com oxigênio acima de 10% nas pilhas de composto.

ii. Deve-se garantir uma boa aeração do sistema, mediante uso de aeração passiva (pilhas estruturadas com galhos) ou ativa (ventiladores, sopradores e revolvedores) para manter a oxigenação ideal e acelerar a decomposição, para evitar o desenvolvimento de zonas anaeróbias que emitam metano. A aeração deve utilizar materiais estruturantes secos

(serragem, galhos triturados) e promover revolvimentos ou aeração forçada para garantir circulação de ar e evitar zonas anaeróbicas.

iii. O sistema de monitoramento deve medir a temperatura (o ideal é que seja mantida entre 55°C e 65°C), umidade e oxigênio, recomendando-se sistemas automatizados para grandes instalações.

iv. Deve-se manter um registro do volume de resíduos recebidos e do volume de composto produzido, com relatórios sobre eficiência e redução de emissões de GEE.

v. Em instalações de maior porte (mais que 100 toneladas por dia), deve-se instalar biofiltros ou filtros químicos e medidas de manejo para neutralizar emissões de metano e amônia.”

Em relação ao tema “Não prejudicar significativamente a nenhum dos demais objetivos ambientais” (página 23), seguem sugestões de inclusões no item “Prevenção e controle de contaminação”:

- *Para fins de controle de emissões atmosféricas (Sistemas Baseados em BAT), deve-se usar a ventilação forçada, que garante a aeração contínua nas pilhas de compostagem, ou revolvimentos periódicos, evitando condições anaeróbicas e minimizando emissões de metano, ou ainda tecnologias de oxidação térmica, que utilizam oxidadores térmicos ou catalíticos para eliminar compostos orgânicos voláteis (COVs).*
- *Gerenciamento de emissões e odores: deve incluir monitoramento contínuo e estratégias para minimizar odores, especialmente em áreas sensíveis, tais como encapsulamento de pilhas (que reduz a dispersão de odores em operações ao ar livre), biofiltros e lavadores de gás (que mitigam odores e compostos voláteis emitidos durante o processo). [em substituição ao terceiro item, que começa com “Um plano...]*
- *Devem ser adotados sistemas de drenagem e tanques de armazenamento, que assegurem a coleta, tratamento e possível reaproveitamento do chorume em processos agrícolas.*
- *Deve haver monitoramento e relatórios (sistema contínuo baseado em BAT) de qualidade do ar, água e solo, sendo que os relatórios periódicos devem incluir: volume de emissões atmosféricas e líquidas, conformidade com os níveis BAT-AEL e mitigação de impactos em comparação às tecnologias convencionais.*

E9 – Digestão anaeróbica de resíduos orgânicos

Para o critério A do item “Contribuição substancial para o objetivo 1 – Mitigação da mudança do clima”, sugere-se permitir, além do uso como combustível em veículos ou como matéria-prima no setor químico, a “injeção em redes de fornecimento de gás (notadamente para uso industrial)” (já existe um projeto nesse sentido na Região Metropolitana de Curitiba, por exemplo).

Para o critério B, sugere-se que o texto seja substituído pelo seguinte:

“O lodo, digestato ou biossólidos devem ser tratados de forma sustentável, priorizando seu uso como composto orgânico. Os processos de estabilização devem atender às normas técnicas (ABNT NBR 10004) e diretrizes da OMS para reuso seguro. É essencial realizar o

monitoramento contínuo de contaminantes, como metais pesados, patógenos, micropoluentes orgânicos, além de parâmetros de qualidade como DBO e DQO”.

Em relação aos aspectos de não prejudicar significativamente a nenhum dos demais objetivos ambientais (página 25), segue proposta de acréscimo de um item para “Prevenção e controle da Contaminação”:

“Monitoramento para Controle de Poluição em Processos de Digestão Anaeróbica:

- Deve ser utilizado reator CSTR (sistema de tancagem), capaz de monitorar sólidos, pH, temperatura e tempo de retenção hidráulica para eficiência do processo.

- Em relação ao biogás, deve-se garantir qualidade (CH₄ entre 50-70%), controlar H₂S, umidade e medir produção (m³/t).

- Em relação aos subprodutos, deve-se analisar DQO, DBO, metais pesados, patógenos e micropoluentes.

São proibidas instalações sem controle adequado de emissões, tecnologias com eficiência energética de conversão do biogás em eletricidade inferior a 30%, e destinações inadequadas como aterros ou incineração sem recuperação energética.”

E10 – Tratamento e destinação de resíduos não perigosos (captura de gás de aterro)

O termo “tratamento e destinação de resíduos não perigosos” é extremamente genérico e pode incluir as atividades E7, E8 e E9 conforme definições da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal 12.305/10). Como o próprio título atual indica entre parênteses (captura de gás de aterro) e o conteúdo desta seção, o título da atividade E10 deveria ser “Captura e aproveitamento de biogás de aterros sanitários”, visto que a atividade E11 já contempla a construção de novos aterros sanitários.

Para garantir que os aterros sanitários e suas células não se tornem fontes contínuas de emissões de gases de efeito estufa, propõe-se abordar também o ciclo de vida para encerramento, com foco na implementação de projetos que promovam usos alternativos, como a geração de energia solar ou a reabilitação ecológica, e o uso de infraestruturas modulares com coberturas dinâmicas que evoluam ao longo do tempo, maximizando o controle de emissões de metano e promovendo a oxidação natural do solo. Uma das ferramentas da [UNFCCC](#) detalha metodologias para monitoramento de emissões, fechamento e controle de aterros, com foco na minimização de emissões fugitivas por meio de estratégias avançadas de gestão. Já o documento elaborado pelo [BNDES](#) aponta como práticas integradas, como a requalificação de aterros para usos alternativos, podem criar benefícios ambientais e econômicos. As diretrizes do [IPCC 2006](#) apresentam parâmetros e boas práticas para fechamento de aterros e controle de emissões, como o uso de coberturas impermeáveis e oxidação natural do solo.

A valorização energética do biogás em aterros sanitários propõe seu uso como insumo integrado em ecossistemas econômicos, incluindo a produção descentralizada de energia em microrredes, sistemas híbridos de cogeração para maior eficiência e transformação de biometano em insumos como metanol e hidrogênio. Metodologias como a e estudos do destacam tecnologias de cogeração, purificação e injeção de biometano em redes de gás natural, exemplificando projetos bem-sucedidos, como o Novagerar. Além disso, a [CDM](#) e diretrizes do [IPCC 2006](#) oferecem parâmetros para controle de emissões e monitoramento eficiente.

Sugere-se que no item “Exclusões”, fique claro, quanto à incineração e combustão, que estão abrangidos resíduos perigosos e não perigosos, como está previsto na Taxonomia da União Europeia.

Propõe-se as seguintes inclusões como itens elegíveis:

“- Reabilitação ecológica ou geração de energia solar em aterros sanitários encerrados.

- Conversão de áreas de aterros sanitários encerrados em unidades de compostagem, digestão anaeróbia e/ou triagem de materiais recicláveis, aproveitando a área já impactada para um uso mais adequado.

- Ferramentas avançadas de monitoramento e controle de emissões baseadas em inteligência artificial (IA), como drones equipados com sensores de metano e sistemas de blockchain para transparência de dados”.

Essas tecnologias de IA permitem análises preditivas e mitigação de emissões em tempo real, complementadas por metodologias internacionais como a [CDM – TOOL09](#) e [CDM - TOOL04](#), que avaliam a eficiência energética em projetos de valorização.

Em relação aos aspectos de não prejudicar significativamente (a nenhum dos demais objetivos ambientais), segue proposta de acréscimo no item Prevenção e controle de contaminação (página 27):

“No âmbito do monitoramento ambiental, recomenda-se avaliar a qualidade do solo com base na [Resolução CONAMA nº 420/2009](#), incluindo valores de prevenção e investigação, além de gerenciar áreas contaminadas por meio de diagnósticos, investigações e medidas corretivas. Para emissões atmosféricas, o monitoramento deve abranger partículas (PM2,5, PM10), gases primários (CH₄, CO₂, H₂S, NH₃) e compostos orgânicos voláteis (VOCs), com frequência e metodologia baseadas nas resoluções CONAMA [nº 382/2006](#), [nº 436/2011](#) e [nº 506/2024](#). Também é necessário realizar estudos de dispersão atmosférica após o primeiro ano de medições e disponibilizar dados ao órgão ambiental.”

E11 – Construção de aterros sanitários de resíduos sólidos

Segue sugestão de aprimoramento do texto da descrição, para que seja considerado obrigatório o aproveitamento energético do biogás:

"Desenvolvimento e implementação de infraestruturas de engenharia avançadas para a disposição final ambientalmente adequada de rejeitos de resíduos sólidos urbanos no solo, priorizando a minimização de impactos ambientais, incluindo sistemas integrados de coleta, drenagem e tratamento de lixiviados e/ou unidades para o aproveitamento energético sustentável do biogás gerado."

Sugere-se que no item "Exclusões", fique claro, quanto à incineração e combustão, que estão abrangidos resíduos perigosos e não perigosos, como está previsto na Taxonomia da União Europeia.

Em relação aos critérios de elegibilidade para "Contribuição substancial para o objetivo 1 - mitigação da mudança do clima" (página 28), segue proposta de texto para o item B:

"B. Aproveitamento energético do biogás: deve-se implementar medidas de coleta, drenagem e tratamento do biogás, com sistemas eficientes de controle e monitoramento, garantindo o aproveitamento energético dos gases para produção de calor, energia elétrica ou outros usos, atingindo, no mínimo, taxa de captura de 60% do biogás gerado pelo aterro sanitário. Além disso, o biogás capturado deve ser direcionado para microrredes de energia locais, priorizando o abastecimento de comunidades de baixa renda ou áreas rurais, promovendo inclusão energética e redução de desigualdades regionais."

Essa taxa de 60% foi estabelecida no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES) e é reconhecida por boas práticas internacionais. Nos Estados Unidos, a agência ambiental (Environmental Protection Agency, 2023) estimou que 61% do metano gerado pela decomposição de resíduos alimentares não são capturados nos aterros atuais. Dada a extensão dos aterros sanitários e a dificuldade de métodos para amostrar todo o terreno, por anos o potencial de emissão foi subestimado; com o desenvolvimento do monitoramento via satélite, estudos indicam que os inventários de emissões podem estar subestimando as emissões de metano com origem em aterros sanitários em 1,6 a 2,8 vezes (Maasackers *et al.*, 2022).

Sugerem-se também os seguintes aprimoramentos para os requisitos exigíveis dos projetos:

"Em todos os casos, os projetos devem ser acompanhados das seguintes práticas:

A. Drenagem e tratamento de lixiviados: deverá ser utilizado sistema de osmose reversa para tratamento de lixiviados, que são sistemas de membranas de alta eficiência para remover contaminantes orgânicos, metais pesados e sólidos dissolvidos, permitindo o reuso da água tratada em aplicações não potáveis. Documentação sobre metodologias avançadas para lixiviados em aterros, destacando a osmose reversa como tecnologia eficaz para tratar resíduos altamente contaminados.

B. Tratamento biológico avançado:

- adição de reatores anaeróbios seguidos por processos aeróbios para tratar lixiviados complexos com alta carga orgânica e nutrientes, reduzindo significativamente a demanda bioquímica de oxigênio (DBO);

- barreiras de impermeabilização avançadas: implementação de geomembranas de última geração combinadas com camadas drenantes de alta condutividade para evitar infiltração de águas pluviais e melhorar a coleta de lixiviados);
- sistemas de tratamento modular: unidades modulares que combinam diferentes tecnologias, como filtragem avançada, coagulação, precipitação química e UV, permitindo ajuste às condições específicas do lixiviado;
- reuso de efluentes tratados: integração de sistemas de polimento (ultrafiltração e desinfecção UV) para garantir a produção de água de reuso segura para aplicações não potáveis, como irrigação ou lavagem de veículos ([Ministry for the Environment, 2001](#)).

C. Plano de encerramento do aterro e cuidados posteriores: o encerramento de aterros sanitários deve seguir diretrizes técnicas e normativas para minimizar impactos ambientais e promover sustentabilidade. Deve ocorrer a implementação de cobertura final avançada, utilizando geomembranas multicamadas e vegetação nativa, que reduz infiltrações, emissões difusas de biogás e riscos de erosão. O monitoramento de águas subterrâneas por meio de poços construídos conforme a [ABNT NBR 15.495](#), com sensores automáticos para análise em tempo real, é essencial para identificar contaminantes como metais pesados e VOCs. A gestão do biogás deve incluir sistemas de coleta e tratamento com conversão para biometano, além de monitoramento contínuo com sensores IoT para prevenir vazamentos. Estudos de risco residual, baseados na [ABNT NBR 16.209](#), devem avaliar impactos no solo, água e biota. Relatórios anuais devem consolidar dados sobre qualidade hídrica, emissões de biogás e conformidade com normas ambientais, como a Resolução CONAMA nº 420/2009, garantindo um encerramento ambientalmente responsável.”

E12 – Mineração Urbana de Resíduos Eletroeletrônicos

A mineração urbana de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) é o processo de recuperação, separação e revalorização de materiais críticos e estratégicos presentes nesses resíduos, permitindo sua reinserção na cadeia produtiva. Esse processo reduz a dependência da mineração convencional, minimiza os impactos climáticos e ambientais associados à extração de recursos naturais primários e sua transformação (que é intensiva em energia), ao otimizar o aproveitamento de metais valiosos, como ouro, prata, cobre e terras raras ([CARVALHO et al., 2020](#)). A viabilidade da mineração urbana depende de diversos fatores essenciais, como localização, tamanho, concentração de materiais e recursos disponíveis para a prospecção, além da compreensão do fluxo de produtos dentro das cadeias de resíduos ([XAVIER et al., 2023](#)). A recuperação eficiente de materiais valiosos a partir de Placas de Circuito Impresso (WPCBs) exige a adaptação de processos tradicionais da mineração e da metalurgia para o setor de recuperação secundária de materiais. Dentre os principais métodos de recuperação, destacam-se três técnicas:

- Separação física, que consiste no processamento mecânico das WPCBs para segregar diferentes materiais com base em propriedades físicas como densidade, magnetismo e condutividade elétrica. Técnicas como trituração, peneiramento e separação eletrostática são frequentemente utilizadas para isolar metais valiosos de componentes plásticos e cerâmicos.
- A hidrometalurgia, que é amplamente utilizada para recuperação de metais a partir de resíduos industriais, sendo um método eficiente e ambientalmente mais seguro quando comparado a processos pirometalúrgicos. O processo ocorre em três etapas: dissolução, concentração e purificação, e recuperação do metal. Métodos como lixiviação ácida, extração por solventes e eletrodeposição são frequentemente empregados ([GUNARATHNE et al., 2020](#)).
- O processo pirometalúrgico, que é um método amplamente utilizado para a recuperação de metais a partir de resíduos industriais e minérios, baseado no uso de altas temperaturas para fundir, oxidar ou reduzir compostos metálicos. Esse método é eficiente para a extração de metais como cobre, ouro e prata, sendo aplicado principalmente na reciclagem de placas de circuito impresso (WPCBs) e outros resíduos eletrônicos ([GUNARATHNE et al., 2020](#)).

O Brasil, maior economia da América Latina e um dos principais geradores de resíduos eletroeletrônicos (REEE) do hemisfério Sul, enfrenta desafios complexos na gestão sustentável desses materiais. Com uma geração anual de 2,4 milhões de toneladas de REEE (equivalente a 11,4 kg por habitante), o país possui um potencial significativo para a "mineração urbana", dada a concentração de metais nobres como ouro, prata, cobre e elementos de terras raras em placas de circuito impresso, baterias e componentes eletrônicos. No entanto, esse potencial esbarra em uma realidade marcada pela fragmentação institucional, infraestrutura insuficiente e dependência de processos externos: enquanto a triagem inicial de componentes ocorre em solo nacional, as etapas mais sofisticadas e lucrativas de recuperação de materiais são realizadas no exterior, principalmente na Europa e na Ásia ([NETO et al., 2025](#)).

Apesar de possuir um arcabouço legal avançado, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) e o Decreto 10.240/2020, que regulamenta a logística reversa obrigatória para eletroeletrônicos, a implementação prática dessas políticas é limitada. Apenas 2% do volume total de REEE gerado é coletado formalmente, enquanto grande parte é descartada irregularmente em lixões, misturada a resíduos domiciliares ou desviada para o mercado informal. Este último, composto por catadores e pequenas oficinas, opera sem controle técnico ou ambiental, utilizando métodos rudimentares que comprometem a segurança dos trabalhadores e a eficiência da recuperação de materiais. A ausência de tecnologias adequadas e a carência de conhecimento técnico especializado perpetuam um ciclo de dependência externa, onde o Brasil exporta componentes valiosos como matéria-prima bruta e importa produtos refinados, perdendo oportunidades econômicas e agravando impactos ambientais.

Além disso, as disparidades regionais acentuam o problema. Enquanto estados do Sudeste e Sul concentram a maioria das unidades de desmontagem formal, regiões como o Norte e Nordeste carecem de infraestrutura básica para coleta e tratamento. A informalidade, que responde por cerca de 90% da gestão de REEE no país, não apenas limita a escala de recuperação, mas também contribui para a contaminação do solo e da água devido à liberação de substâncias tóxicas, como chumbo e mercúrio, durante processos inadequados de desmontagem.

Nesse contexto, a inserção da mineração urbana na Taxonomia Sustentável Brasileira não apenas contribui para viabilizar a recuperação de materiais críticos e estratégicos, mas também para promover a transição para uma economia circular e de baixo carbono.

Proposta de inclusão do tema no Caderno do CNAE E, na destinação final de resíduos sólidos

CNAEs sugeridos:

- CNAE 3812-2/00: Coleta de resíduos perigosos.
- CNAE 38.32-7/00: Tratamento e disposição de resíduos perigosos.
- CNAE 38.21-1/00: Tratamento e disposição de resíduos não perigosos.
- CNAE 3839-9/00: Recuperação de materiais.
- CNAE 38.31-9/00: Recuperação de materiais metálicos.
- CNAE 3900-5/00: Atividades de remediação e outros serviços de gestão de resíduos.

Descrição: a mineração urbana de REEE consiste na coleta, triagem, processamento e reciclagem de resíduos metálicos provenientes de equipamentos eletroeletrônicos, baterias, placas de circuito impresso, cigarros eletrônicos, sucatas industriais e outros resíduos eletroeletrônicos. O setor se baseia em técnicas de separação física, hidrometalurgia e pirometalurgia para recuperar metais como cobre, alumínio, ferro, ouro, prata e elementos de terras raras, reduzindo a necessidade de extração primária de minérios.

Exemplos de atividades:

- Coleta e desmontagem de equipamentos eletrônicos e industriais para extração de metais.
- Separação física e processamento mecânico de resíduos metálicos.
- Aplicação de processos hidrometalúrgicos e pirometalúrgicos para extração e refinamento de metais.
- Comercialização e reintegração dos metais recuperados na indústria.
- Desenvolvimento e aplicação de tecnologias para aumento da eficiência da reciclagem de metais.

Contribuição Substancial para o Objetivo 1 - Mitigação da Mudança do Clima:

Critérios de Elegibilidade: As atividades do setor são elegíveis se atenderem a todos os critérios A, B, C, D, E e F:

- A. Preparação e triagem dos REEE: separação eficiente dos componentes dos REEE antes do processamento, garantindo a remoção de materiais contaminantes, como plásticos bromados e baterias. Identificação da composição dos resíduos para otimizar os processos hidrometalúrgicos, priorizando a recuperação de metais valiosos como ouro, cobre, prata e terras raras. Uso de tecnologias automatizadas (ex.: separação por sensores, flotação eletrostática e raios X) para segmentação de frações metálicas e não metálicas. Desmontagem segura dos equipamentos, evitando a liberação de substâncias perigosas, como mercúrio, chumbo e cádmio.
- B. Redução de impactos ambientais: os processos hidrometalúrgicos devem ter preferência aos pirometalúrgicos devido ao menor impacto climático e ambiental, reduzindo emissões de gases de efeito estufa e lixiviados tóxicos. Deve haver a implementação de sistemas de captação e tratamento de efluentes para evitar a contaminação do solo e da água e utilização de reagentes com baixa toxicidade e reutilização de soluções químicas para reduzir a geração de resíduos secundários.
- C. Priorização da separação e purificação de metais críticos, como cobre, níquel, cobalto e terras raras, utilizando processos eficientes como: extração por solventes, que aumenta a seletividade na separação de metais valiosos. Devem ser empregadas adsorção e troca iônica, garantindo purificação de metais estratégicos, eletrodeposição e precipitação, métodos essenciais para recuperar metais em sua forma pura (GUNARATHNE et al., 2020). Deve haver integração com a cadeia produtiva nacional, reduzindo a dependência da mineração primária e incentivando a reintrodução dos materiais reciclados na indústria.
- D. Monitoramento dos subprodutos da recuperação de metais, evitando a formação de compostos tóxicos durante os processos hidrometalúrgicos.
- E. Implementação de sistemas de rastreabilidade para garantir a transparência na recuperação e destino dos metais extraídos e monitoramento contínuo das emissões atmosféricas e qualidade dos efluentes, reduzindo riscos de contaminação ambiental.
- F. Viabilidade econômica e social: a mineração urbana deve garantir viabilidade financeira, com redução dos custos operacionais por meio do uso de tecnologias limpas e eficientes. Incentivo ao registro de trabalhadores informais, integrando catadores e operadores de resíduos na cadeia produtiva formal.

- **Requisitos de "Não prejudicar significativamente" a outros objetivos ambientais:**

Uso sustentável de recursos hídricos: a mineração urbana de REEE deve minimizar o uso de água potável em seus processos, adotando sistemas fechados de reutilização e reciclagem de efluentes

industriais. O uso de produtos químicos nos processos de recuperação deve ser controlado, evitando contaminação de águas subterrâneas e superficiais por lixiviados tóxicos. Deve haver a implementação de sistemas de tratamento de efluentes que garantam a remoção de metais pesados e substâncias perigosas antes do descarte ou reuso da água no processo.

Prevenção e controle da contaminação: os processos de extração e separação devem seguir normas rigorosas de controle ambiental, evitando a liberação de substâncias perigosas no solo, ar e água. Deve haver a utilização de tecnologias limpas, como extração por solventes e adsorção seletiva, reduzindo a necessidade de produtos químicos agressivos e a geração de resíduos tóxicos. Deve ser garantido o armazenamento e disposição final adequada para resíduos perigosos gerados durante a recuperação de metais, conforme normas ambientais nacionais e internacionais.

3º. ponto – Níveis de contribuição à sustentabilidade:

Sugere-se que sejam reconhecidos níveis distintos nas soluções propostas, atribuindo maior peso a soluções mais avançadas e que contemplem critérios sociais, por exemplo, da seguinte forma:

- a) **Verde escuro:** - atividades de coleta de resíduos em regiões que não eram anteriormente atendidas; - atividades de mineração urbana; - atividades de compostagem; - digestão anaeróbica de resíduos orgânicos; - aterros sanitários com aproveitamento energético do biogás; - atividades de recuperação ou reciclagem de materiais.
- b) **Verde médio:** - construção de aterros sanitários de resíduos sólidos; - captura de gás de aterro; - conversão da frota que atende áreas onde já existe coleta; - reabilitação ecológica ou geração de energia solar em aterros sanitários encerrados; - conversão de áreas de aterros sanitários encerrados em unidades de compostagem, digestão anaeróbica e/ou triagem de materiais recicláveis, aproveitando a área já impactada para um uso mais adequado; - ferramentas avançadas de monitoramento e controle de emissões baseadas em inteligência artificial (IA), como drones equipados com sensores de metano e sistemas de blockchain para transparência de dados.