

GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E PROTEÇÃO DOS IGARAPÉS URBANOS EM MANAUS: DESAFIOS TÉCNICO- JURÍDICOS NA BACIA DO IGARAPÉ DO MINDU

**CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE MANAGEMENT AND THE
PROTECTION OF URBAN STREAMS IN MANAUS: TECHNICAL AND LEGAL
CHALLENGES IN THE MINDU STREAM WATERSHED**

Ciências Sociais Aplicadas, Engenharias • 24/09/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/790219026](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/790219026)

Analice Cavalcante Pinto¹

Ana Valéria Duarte Cavalcante²

RESUMO

A expansão urbana e a atividade construtiva produzem resíduos capazes de pressionar os sistemas municipais de limpeza, drenagem e proteção hídrica, sobretudo quando não há segregação na origem, transporte regular e destinação ambientalmente adequada. Em Manaus, esse problema adquire relevância particular porque a cidade se estrutura sobre extensa rede de igarapés submetida à ocupação urbana, à impermeabilização do solo e ao lançamento inadequado de resíduos. O estudo investiga em que medida a gestão dos resíduos da construção civil pode contribuir para a proteção dos recursos hídricos urbanos da bacia do Igarapé do Mindu e quais medidas técnicas e jurídico-institucionais favorecem sua destinação sustentável. Adota-se abordagem qualitativa, bibliográfica e documental, com método dedutivo e procedimento analítico. A pesquisa articula estudos de engenharia sobre caracterização, segregação e reaproveitamento de resíduos cimentícios com o regime jurídico da Política Nacional de Resíduos Sólidos, da Política Nacional de Recursos Hídricos e da Resolução CONAMA nº 307/2002. Os resultados indicam que a proteção hídrica depende de atuação integrada: prevenção da geração, triagem no canteiro, rastreabilidade do transporte, ampliação de áreas licenciadas de recebimento, controle de pontos de descarte, reciclagem tecnicamente segura e uso de agregados reciclados em aplicações compatíveis. Conclui-se que o reaproveitamento de resíduos não substitui o dever de prevenção, mas pode reduzir simultaneamente a extração de matérias-primas e a pressão sobre a drenagem urbana, desde que apoiado por controle tecnológico, planejamento municipal e responsabilização dos agentes da cadeia.

Palavras-chave: resíduos da construção civil; recursos hídricos; Igarapé do Mindu; economia circular; Direito Ambiental.

ABSTRACT

Urban expansion and construction activities generate waste that may burden municipal cleaning, drainage and water protection systems, particularly when source separation, regular transportation and environmentally sound destination are insufficient. In Manaus, this issue is especially relevant because the city is structured around an extensive network of urban streams affected by land occupation, soil sealing and improper waste disposal. This study investigates how construction and demolition waste management can support the protection of urban water resources in the Mindu stream watershed and which technical, legal and institutional measures may improve sustainable destination. A qualitative, bibliographic and documentary approach is adopted, based on deductive reasoning and analytical procedures. Engineering studies on waste characterization, source separation and recovery of cementitious materials are examined together with the Brazilian legal framework on solid waste, water resources and CONAMA Resolution No. 307/2002. The analysis indicates that water protection requires integrated measures, including waste prevention, on-site sorting, transport traceability, licensed reception areas, control of illegal dumping sites, technically safe recycling and the use of recycled aggregates in compatible applications. The study concludes that waste recovery does not replace the duty to prevent pollution, but it may reduce both raw material extraction and pressure on urban drainage when supported by technological control, municipal planning and accountability throughout the waste management chain.

Keywords: construction and demolition waste; water resources; Mindu stream; circular economy; Environmental Law.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil exerce papel relevante na produção de infraestrutura, habitação e desenvolvimento urbano, mas sua cadeia produtiva também consome grande volume de matérias-primas e gera resíduos heterogêneos. Concreto, argamassa, componentes cerâmicos, solos, metais, madeira, gesso, embalagens e materiais contaminados exigem formas distintas de segregação, transporte, tratamento e destinação. Quando esses fluxos são administrados de forma inadequada, o problema deixa de se restringir ao canteiro de obras e alcança o sistema urbano, com repercussões sobre a limpeza pública, a drenagem, o uso do solo e a qualidade ambiental.

Em cidades atravessadas por cursos d'água, a disposição irregular de entulho em lotes, encostas, margens e áreas de drenagem cria vias de transferência de materiais para os corpos hídricos. A fração mineral pode ser carregada pelas chuvas, contribuir para deposição de sedimentos e reduzir a eficiência de dispositivos de micro e macrodrenagem. Resíduos volumosos também podem obstruir passagens hidráulicas, enquanto materiais misturados a tintas, solventes, amianto ou outras substâncias demandam tratamento diferenciado. Nem todo resíduo da construção possui potencial contaminante idêntico, razão pela qual a caracterização e a triagem constituem etapas essenciais para evitar generalizações e orientar soluções proporcionais ao risco.

Esse debate é especialmente importante em Manaus. A cidade possui uma paisagem marcada por igarapés urbanos que foram progressivamente ocupados, canalizados, retificados ou incorporados a sistemas precários de drenagem e esgotamento. Estudos sobre o Igarapé do Mindu apontam que a transformação do uso do solo, a perda de vegetação, as intervenções de engenharia e a pressão urbana alteraram a dinâmica da bacia e ampliaram sua

vulnerabilidade socioambiental (Queiroz; Alves; Batista, 2020; Falcone, 2025). A degradação hídrica, entretanto, não resulta de uma única fonte. Ela decorre da convergência entre ocupação territorial, deficiência de saneamento, lançamento de efluentes, deposição de resíduos e fragilidades de gestão.

Pesquisa anterior sobre o Parque Municipal do Mindu sustentou que a proteção dos recursos hídricos urbanos depende da integração entre planejamento territorial, gestão ambiental, participação social e educação ambiental. O estudo também demonstrou que respostas exclusivamente pontuais não são suficientes para enfrentar processos contínuos de degradação (Pinto; Cruz; Viana, 2026). A partir desse antecedente, o presente artigo desloca o foco para uma categoria específica de pressão urbana: os resíduos da construção civil e demolição, doravante denominados RCC.

O problema de pesquisa pode ser formulado nos seguintes termos: em que medida a gestão dos resíduos da construção civil pode contribuir para a proteção dos recursos hídricos urbanos da bacia do Igarapé do Mindu e quais medidas técnicas e jurídico-institucionais favorecem sua destinação sustentável? Parte-se da hipótese de que a ausência de segregação na origem, rastreabilidade do transporte, infraestrutura de recebimento e controle da destinação amplia o risco de deposição irregular, enquanto a combinação entre prevenção, reciclagem, fiscalização e planejamento municipal pode reduzir a pressão sobre os igarapés e reinserir materiais no ciclo produtivo.

O objetivo geral consiste em analisar as conexões entre gestão de RCC e proteção hídrica na bacia do Mindu, articulando critérios da Engenharia Civil e instrumentos do Direito Ambiental. Como

objetivos específicos, busca-se: compreender as repercussões do descarte inadequado sobre os sistemas de drenagem e os cursos d'água; examinar alternativas de segregação e reaproveitamento de materiais cimentícios; sistematizar as responsabilidades jurídicas dos geradores, transportadores e do Poder Público; e propor medidas integradas adequadas ao contexto de Manaus.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Urbanização e Vulnerabilidade Hídrica na Bacia do Igarapé do Mindu

2.1.1. A Transformação dos Igarapés Urbanos de Manaus

Manaus desenvolveu-se em território de elevada densidade hidrográfica, mas sua expansão urbana produziu uma relação contraditória com os igarapés. Enquanto os cursos d'água integram a estrutura ecológica e paisagística da cidade, parte deles foi tratada como obstáculo à ocupação, receptor de efluentes ou espaço residual. Falcone (2025) observa que aterramentos, canalizações e depósitos de resíduos contribuíram para romper a conexão entre a população e as águas urbanas. Mesmo degradados, os igarapés ainda podem cumprir funções hidrológicas, ecológicas e sociais, especialmente quando articulados a soluções de infraestrutura verde e recuperação de margens.

A bacia do Igarapé do Mindu está integralmente inserida no espaço urbano e atravessa áreas com distintas formas de ocupação. Queiroz, Alves e Batista (2020) analisaram parâmetros morfométricos, precipitação, cotas e fatores antrópicos ao longo de aproximadamente 18,2 quilômetros. Os autores verificaram que as alterações do uso do solo, o desflorestamento e a concentração

urbana influenciam a ocorrência de inundações, ainda que os indicadores naturais isolados não expliquem todo o risco. O resultado evidencia que a dinâmica hídrica não pode ser examinada separadamente das intervenções humanas na bacia.

Machado, Zaneti e Higuchi (2019) identificaram um processo grave de degradação dos cursos hídricos urbanos de Manaus e apontaram fragilidades na articulação entre gestão ambiental e educação. Essa constatação é importante porque a poluição dos igarapés não decorre apenas da inexistência de normas. O problema também envolve implementação descontínua, competências fragmentadas, insuficiência de infraestrutura e reduzida apropriação social das políticas ambientais.

Ao analisar o Parque Municipal do Mindu, Pinto, Cruz e Viana (2026) concluíram que a conservação dos recursos hídricos urbanos exige atuação integrada entre Poder Público e coletividade. Os autores relacionaram a degradação ao crescimento urbano desordenado, à ocupação inadequada do solo, à retirada de vegetação, ao descarte irregular de resíduos e à insuficiência de políticas permanentes. Esse diagnóstico oferece base para examinar os RCC não como questão isolada da engenharia de obras, mas como componente de uma política mais ampla de ordenamento territorial e proteção das águas.

2.1.2. Resíduos da Construção Civil Como Pressão Sobre Drenagem e Corpos Hídricos

A Resolução CONAMA nº 307/2002 define RCC de modo abrangente, incluindo materiais provenientes de construções, reformas, reparos, demolições e preparação de terrenos. Essa heterogeneidade impede

que todos os resíduos sejam tratados da mesma forma. Concreto, argamassa, tijolos e solos integram predominantemente a Classe A e possuem potencial de reutilização ou reciclagem como agregados. Plásticos, papel, metais, vidros, madeiras e gesso integram fluxos recicláveis próprios. Materiais para os quais ainda não haja tecnologia economicamente viável e resíduos perigosos demandam destinações específicas, conforme sua classificação e composição (Brasil, 2002).

Quando a triagem não ocorre no local da geração, materiais potencialmente recicláveis são misturados a substâncias que reduzem sua qualidade ou elevam o risco ambiental. Essa mistura aumenta o custo do beneficiamento e favorece a destinação de todo o volume como rejeito. Sob o ponto de vista hídrico, a consequência não se limita à poluição química. A deposição de frações minerais em locais inadequados pode criar barreiras físicas, reduzir seções de escoamento, favorecer o assoreamento e transferir partículas finas durante eventos de chuva. O efeito depende da quantidade, granulometria, localização, declividade e intensidade das precipitações, motivo pelo qual avaliações locais são indispensáveis.

O Plano Diretor de Resíduos Sólidos de Manaus reconhece que o lançamento de materiais volumosos em vias, encostas, igarapés e terrenos baldios produz problemas sanitários e ambientais e demanda modalidades específicas de coleta (Manaus, 2010). Embora o documento trate do sistema municipal em perspectiva ampla, sua abordagem confirma que a eficiência da coleta e da destinação influencia diretamente a prevenção do descarte irregular. O serviço público voltado aos pequenos volumes precisa coexistir com a responsabilidade privada dos grandes geradores e com mecanismos de controle dos transportadores.

É necessário, contudo, evitar uma inferência que os documentos consultados não autorizam: a presença de resíduos sólidos no Mindu não comprova, por si só, que parcela determinada seja originária da construção civil. Para mensurar essa contribuição, seria preciso realizar caracterização gravimétrica, mapeamento georreferenciado de pontos de descarte, identificação dos materiais e análise de sua proximidade com obras, rotas de transporte e dispositivos de drenagem. Essa lacuna não impede a formulação de medidas preventivas, mas delimita o alcance das conclusões.

2.1.3. Proteção Hídrica Como Problema de Gestão Integrada

A bacia hidrográfica constitui unidade territorial de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Esse desenho jurídico pressupõe que a gestão das águas considere usos do solo, saneamento, ocupação urbana e fontes de poluição de maneira coordenada (Brasil, 1997). A proteção do Mindu, portanto, não pode ser atribuída apenas ao órgão responsável pelos recursos hídricos. Ela demanda articulação entre licenciamento ambiental, limpeza urbana, drenagem, fiscalização de obras, planejamento territorial e educação ambiental.

A Lei nº 11.445/2007 inclui a drenagem e o manejo das águas pluviais entre os componentes do saneamento básico. A gestão de resíduos também integra esse sistema, o que evidencia a conexão normativa entre limpeza urbana e controle de inundações (Brasil, 2007). Se materiais de construção alcançam galerias, valas ou margens, a resposta posterior de remoção é mais onerosa e menos eficaz que a prevenção na origem. O gerenciamento do canteiro, assim, produz efeitos que ultrapassam o empreendimento e alcançam o funcionamento de serviços públicos municipais.

Pesquisa desenvolvida com participação da professora Ellem Cristiane Moraes de Sousa Contente, da UFAM, reforça a importância do diagnóstico local para decisões de saneamento. Ao avaliarem parâmetros físico-químicos da água distribuída por 21 poços em Parintins, Teixeira et al. (2013) identificaram ocorrências de alumínio acima do padrão então vigente e valores de pH inferiores à faixa recomendada. Embora o objeto seja distinto dos RCC e se refira ao abastecimento subterrâneo, o estudo demonstra que condições amazônicas, profundidade de captação, urbanização e déficits de saneamento exigem monitoramento territorializado, sem transposição automática de soluções concebidas para outras regiões.

Pinto, Cruz e Viana (2026) defendem que a proteção do Mindu depende da continuidade das ações de gestão e da participação da comunidade. Aplicado aos RCC, esse entendimento exige informação acessível sobre formas de entrega, canais de denúncia, transportadores autorizados e destinações licenciadas. A educação ambiental não pode ser usada para transferir ao cidadão um dever que pertence também ao Estado e aos agentes econômicos. Sua função é ampliar a compreensão sobre responsabilidades diferenciadas e fortalecer o controle social.

2.2. Engenharia, Segregação e Aproveitamento dos Resíduos

2.2.1. A Qualidade do Resíduo Começa no Canteiro

O potencial de reciclagem dos RCC depende da composição e do modo como o material é gerado, acondicionado e coletado. Resíduos separados por atividade e fase da obra tendem a apresentar maior homogeneidade do que aqueles retirados de

caçambas com misturas não controladas. Isso influencia diretamente a viabilidade de produção de agregados reciclados e sua aplicação posterior.

Em estudo realizado em Manaus, Ribas et al. (2012) desenvolveram uma metodologia de coleta de resíduos em canteiros residenciais destinada a preservar a representatividade das amostras e identificar sua origem. A pesquisa demonstrou que o tipo de obra, a etapa executiva, a qualificação da mão de obra, as técnicas construtivas e a forma de gerenciamento interferem na composição e na qualidade dos agregados recuperados. Também indicou que a coleta diretamente no ponto de geração reduz a mistura com materiais estranhos e facilita a classificação.

Esse resultado possui implicações para a política pública. A rastreabilidade não deve começar apenas no transporte; ela precisa alcançar a geração. O plano de gerenciamento da obra deve estimar volumes, definir recipientes por classe, registrar movimentações e vincular cada remessa a uma destinação comprovada. A separação entre resíduos de concreto e argamassa, cerâmicos, gesso, madeira, metais, embalagens e materiais perigosos melhora as possibilidades de reaproveitamento e reduz a contaminação cruzada.

A gestão do canteiro também atua na prevenção. Compatibilização de projetos, planejamento de compras, armazenamento adequado, modulação, controle de perdas e treinamento das equipes reduzem sobras antes que elas se tornem resíduos. Essa prioridade coincide com a ordem estabelecida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (Brasil, 2010). Reciclar é relevante, mas não deve legitimar desperdícios evitáveis.

2.2.2. Agregados Reciclados e Controle Tecnológico

Os resíduos de concreto, argamassa e componentes cerâmicos podem ser submetidos a britagem, peneiramento, remoção de contaminantes e classificação granulométrica. O produto resultante pode substituir agregados naturais em aplicações compatíveis com suas propriedades. A ABNT NBR 15116 estabelece requisitos para uso de agregados reciclados em argamassas e concretos de cimento Portland e exige avaliação de características como composição, absorção, teor de contaminantes e desempenho (ABNT, 2021).

Ribas et al. (2012) verificaram que amostras coletadas em canteiros de Manaus apresentavam diferenças relevantes de composição e absorção. Os autores associaram parte dessa variabilidade à fase da obra e à presença de argamassa aderida e materiais cerâmicos. O estudo concluiu que determinados agregados possuíam potencial para concreto não estrutural, desde que submetidos a controle e preparo adequados. A conclusão não autoriza o uso indistinto do material, mas confirma que a qualidade pode ser gerenciada quando a origem é conhecida e os ensaios são compatíveis com a aplicação pretendida.

A maior absorção de água, a porosidade e a variabilidade são desafios recorrentes nos agregados reciclados. Estratégias como pré-saturação, ajuste da relação água-aglomerante, composição granulométrica e limitação do percentual de substituição podem ser necessárias. A decisão deve resultar de projeto de dosagem e ensaios, e não apenas da origem reciclada do material. A economia de recursos naturais somente representa ganho ambiental quando o produto atende à função prevista e não transfere riscos para a durabilidade da obra.

2.2.3. Materiais Cimentícios e Possibilidades de Circularidade

O artigo de Cavalcante et al. (2021) examinou processos de desidratação e reidratação de pastas, argamassas e concretos. A revisão demonstrou que resíduos cimentícios hidratados podem recuperar atividade aglomerante após tratamento térmico, com formação posterior de produtos de hidratação. O desempenho depende da temperatura, composição, teor de agregados, finura e condições de reidratação. Os autores ressaltaram que os resultados disponíveis ainda exigem aprofundamento para viabilizar aplicações de modo seguro e consistente.

Essa tecnologia exemplifica a passagem de um modelo linear para uma lógica circular: um material que seria descartado pode retornar como insumo. Entretanto, a circularidade precisa ser avaliada de forma sistêmica. O tratamento térmico consome energia e pode gerar emissões; logo, seu benefício depende da eficiência do processo, da distância de transporte, da substituição efetiva de cimento virgem e do desempenho do material obtido. A solução tecnicamente possível não é automaticamente a alternativa ambientalmente superior.

Outro estudo examinado aproxima materiais de construção e saneamento. Jesus, Vieira e Vieira (2020) avaliaram o uso de lodo de estação de tratamento de água de Manaus como fonte de sílica e alumina para cimento geopolimérico. Após beneficiamento e calcinação, o material apresentou compatibilidade técnica para desenvolvimento do geopolímero. A formulação estudada alcançou resistência à compressão de 19,87 MPa, embora tenha apresentado elevada absorção de água, o que revela simultaneamente potencial de aproveitamento e necessidade de aperfeiçoamento tecnológico.

A contribuição desse estudo ultrapassa o material específico. Ele demonstra que fluxos residuais de sistemas urbanos podem ser convertidos em insumos da construção, desde que caracterizados e processados. Para a realidade amazônica, essa integração é particularmente relevante porque conecta saneamento, gestão de resíduos, inovação e redução da extração de matérias-primas. Também indica uma agenda de pesquisa adequada ao Eixo de Recursos Hídricos, Saneamento e Meio Ambiente: investigar materiais locais, desempenho, ciclo de vida e viabilidade logística.

2.2.4. Limites Técnicos e Precaução

O incentivo ao reaproveitamento não elimina a necessidade de precaução. Resíduos contaminados, materiais contendo amianto, tintas, solventes ou componentes perigosos não devem ser inseridos em agregados reciclados sem tratamento e controle específicos. Mesmo os resíduos minerais precisam atender às normas de desempenho e às condições da obra. A ausência de laboratório, rastreabilidade ou certificação pode transformar uma solução ambiental em fonte de falhas construtivas.

Também é necessário diferenciar escalas. Pequenos volumes provenientes de reformas domésticas demandam pontos acessíveis de entrega e orientação pública. Grandes canteiros possuem capacidade técnica e obrigação jurídica de elaborar planos próprios, contratar transportadores regulares e comprovar a destinação. Um único modelo de coleta não atende a perfis tão distintos.

A gestão ambientalmente adequada deve combinar inovação e prudência. Pesquisas como as de Ribas et al. (2012), Cavalcante et al. (2021) e Jesus, Vieira e Vieira (2020) demonstram possibilidades

concretas de recuperação, mas também mostram que composição, processamento e finalidade controlam o desempenho. O Direito Ambiental pode incentivar a circularidade, porém não deve dispensar a verificação técnica que torna o material seguro.

2.3. Regime Jurídico dos Rcc e Proteção das Águas Urbanas

2.3.1. Fundamentos Constitucionais e Política Ambiental

A Constituição Federal reconhece o meio ambiente ecologicamente equilibrado como direito de todos e impõe ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo. Também estabelece competência administrativa comum para proteção ambiental e combate à poluição, ao mesmo tempo em que atribui aos municípios competência para organizar serviços de interesse local e suplementar a legislação federal e estadual quando necessário (Brasil, 1988).

Essas disposições sustentam um modelo de responsabilidade compartilhada, mas não indiferenciada. O Município organiza o sistema local, fiscaliza usos urbanos e oferece soluções aos pequenos geradores; os empreendedores devem controlar os resíduos produzidos por suas atividades; os transportadores respondem pela regularidade da coleta e da entrega; e os destinatários precisam operar de acordo com licenças e normas técnicas. A cooperação não dissolve a obrigação de cada agente.

A Política Nacional do Meio Ambiente prevê instrumentos de controle e adota responsabilidade civil objetiva por danos ambientais, sem afastar responsabilidades administrativas e penais (Brasil, 1981). Assim, a destinação irregular que cause degradação pode gerar dever de reparação independentemente da discussão

sobre culpa, desde que demonstrados dano e nexo causal. A Lei nº 9.605/1998 complementa esse regime com infrações e sanções relacionadas à poluição e ao descumprimento de obrigações ambientais (Brasil, 1998).

2.3.2. Política Nacional de Resíduos Sólidos e Responsabilidade do Gerador

A Lei nº 12.305/2010 organiza a gestão de resíduos a partir de princípios como prevenção, precaução, poluidor-pagador, protetor-recebedor, visão sistêmica e responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. A prioridade normativa começa pela não geração e pela redução, antes de alcançar reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final de rejeitos (Brasil, 2010). Esse encadeamento é relevante para a construção civil porque impede que a disponibilidade de reciclagem seja utilizada como justificativa para perdas excessivas no canteiro.

As empresas de construção estão sujeitas à elaboração de planos de gerenciamento de resíduos nos termos da lei e das normas do Sistema Nacional do Meio Ambiente. O Decreto nº 10.936/2022 reforça a necessidade de integração entre planos, sistemas de informação, rastreabilidade e destinação ambientalmente adequada (Brasil, 2022). O plano não deve funcionar como peça meramente formal. Ele precisa corresponder às práticas reais da obra, conter responsáveis, estimativas, procedimentos de segregação, formas de acondicionamento, transportadores e destinatários.

A responsabilidade do gerador não termina automaticamente com a retirada da caçamba. A contratação de terceiro sem verificação de regularidade pode manter riscos jurídicos e ambientais,

especialmente quando a carga é abandonada em área não autorizada. Por isso, manifestos, certificados de destinação, registros fotográficos, pesagem e identificação do veículo possuem valor operacional e probatório. A digitalização desses documentos pode reduzir fraudes e permitir fiscalização baseada em rotas e volumes.

2.3.3. Resolução CONAMA N° 307 e Gestão Municipal

A Resolução CONAMA n° 307/2002 estabelece diretrizes específicas para os RCC. A norma proíbe sua disposição em aterros de resíduos sólidos urbanos, áreas de descarte informal, encostas, corpos d'água, lotes vagos e áreas legalmente protegidas. Também determina que os municípios instituam planos de gestão e que grandes geradores elaborem planos próprios, com caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação (Brasil, 2002).

Para os resíduos Classe A, a regra privilegia reutilização e reciclagem como agregados ou encaminhamento a áreas de reservação que permitam uso futuro. Essa orientação cria base jurídica para fomentar unidades de beneficiamento e compras públicas de materiais reciclados, desde que cumpridos os requisitos técnicos. A norma também prevê ações de orientação, fiscalização e controle, além de medidas educativas para redução e segregação.

O Plano Diretor de Resíduos Sólidos de Manaus diferencia pequenos e grandes geradores e reconhece a necessidade de modalidades de coleta que evitem lançamentos em vias, encostas, terrenos e igarapés (Manaus, 2010). A efetividade dessa estrutura depende de atualização de informações, clareza dos limites de atendimento, distribuição territorial de pontos de entrega e fiscalização dos serviços privados. Quando o custo ou a distância da destinação

regular se tornam excessivos, aumentam os incentivos econômicos ao descarte clandestino.

O licenciamento municipal também possui função preventiva. A exigência de Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, acompanhada de comprovação periódica da destinação, permite relacionar a autorização do empreendimento ao fluxo efetivo de resíduos. Para que o instrumento funcione, os dados do licenciamento precisam dialogar com os sistemas de limpeza urbana, fiscalização e controle dos transportadores.

2.3.4. Recursos Hídricos, Áreas Protegidas e Saneamento

A Lei nº 9.433/1997 adota a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e reconhece a necessidade de gestão descentralizada e participativa das águas (Brasil, 1997). Embora os RCC sejam regulados diretamente pela política de resíduos, sua deposição em margens, drenagens e corpos d'água repercute sobre os objetivos de qualidade e disponibilidade hídrica. A integração entre políticas não é apenas recomendável; ela decorre da natureza do problema.

O Código Florestal protege faixas marginais e demais áreas de preservação permanente, observadas as regras aplicáveis às áreas urbanas consolidadas e à legislação local (Brasil, 2012). O depósito de entulho nessas áreas pode afetar a vegetação, a estabilidade das margens e a função de filtragem e proteção do curso d'água. A remoção do material deve ser planejada para evitar novos danos e acompanhada, quando necessária, de recuperação ambiental.

A Lei nº 11.445/2007 conecta abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos e drenagem pluvial

sob a noção de saneamento básico (Brasil, 2007). Na bacia do Mindu, essa abordagem integrada é indispensável. A limpeza de um canal sem controle das fontes de resíduos produz resultado temporário; do mesmo modo, o gerenciamento de obras sem infraestrutura de recebimento acessível tende a perder efetividade.

2.3.5. Responsabilização e Governança Cooperativa

A responsabilização ambiental deve ser acompanhada de capacidade institucional. Fiscalizar apenas o ponto final de descarte é insuficiente porque a cadeia envolve geração, acondicionamento, transporte, triagem, beneficiamento e destino. O controle eficiente combina inspeções, documentos rastreáveis, canais de denúncia, monitoramento territorial e análise de incompatibilidades entre volume gerado e volume comprovadamente entregue.

Pinto, Cruz e Viana (2026) sustentam que a proteção do Mindu exige governança contínua e participação social. No campo dos RCC, essa governança pode incluir cooperação entre órgãos municipais de meio ambiente, limpeza, obras e planejamento; universidades; conselhos profissionais; construtoras; transportadores; recicladores e comunidades da bacia. A universidade contribui com caracterização de materiais, ensaios e avaliação de soluções; o Poder Público organiza regras e infraestrutura; o setor produtivo previne, segrega e comprova a destinação; e a sociedade participa do monitoramento.

3. METODOLOGIA

Metodologicamente, a pesquisa possui abordagem qualitativa, natureza bibliográfica e documental, método dedutivo e procedimento analítico. Foram examinados artigos científicos de Engenharia Civil e Ambiental, estudos sobre a bacia do Mindu,

normas técnicas e documentos jurídicos, com destaque para a Lei nº 12.305/2010, o Decreto nº 10.936/2022, a Lei nº 9.433/1997, a Lei nº 11.445/2007, a Lei nº 12.651/2012 e a Resolução CONAMA nº 307/2002. O recorte territorial tem função analítica: não se pretende afirmar, sem levantamento de campo específico, qual é a quantidade de RCC presente no Igarapé do Mindu. Busca-se identificar os mecanismos pelos quais a gestão dessa categoria de resíduos pode afetar a proteção da bacia e construir uma agenda de prevenção e controle verificável por pesquisas futuras.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Prevenção e Planejamento no Empreendimento

A primeira linha de ação consiste em reduzir a geração. Projetos compatibilizados, levantamento preciso de quantitativos, compras programadas, sistemas industrializados adequados, armazenamento protegido e controle de execução diminuem perdas. O Plano de Gerenciamento de Resíduos deve ser elaborado antes do início da obra e atualizado quando houver alterações relevantes no projeto ou no cronograma.

Cada fluxo deve possuir local identificado no canteiro, responsável e destino previsto. A separação no ponto de geração preserva a qualidade do material e reduz operações posteriores. A metodologia de Ribas et al. (2012) demonstra que a origem e a etapa da obra influenciam a composição dos RCC; por isso, registros por atividade podem melhorar tanto a gestão quanto a futura reciclagem.

4.2. Logística, Rastreabilidade e Infraestrutura Municipal

O segundo eixo é a construção de uma cadeia logística verificável. Caçambas e veículos precisam ser identificados, os transportadores devem permanecer cadastrados e cada carga deve gerar documento que vincule origem, volume, classe, trajeto e destino. Sistemas digitais podem emitir alertas quando a quantidade entregue for incompatível com a estimativa da obra ou quando houver repetição de rotas próximas a pontos de descarte irregular.

Para pequenos geradores, a política deve oferecer locais de entrega distribuídos territorialmente e divulgar limites, horários e materiais aceitos. Para grandes volumes, são necessárias áreas de transbordo e triagem, unidades de reciclagem e destinos licenciados com capacidade compatível. A localização dessas estruturas deve considerar distâncias de transporte, acessibilidade viária, áreas sensíveis e distribuição das obras. Sem infraestrutura, a norma corre o risco de permanecer apenas proibitiva.

Na bacia do Mindu, o mapeamento de áreas críticas pode integrar dados de limpeza urbana, drenagem, fiscalização e licenciamento. Pontos recorrentes próximos a margens, pontes, galerias ou terrenos vagos devem receber resposta combinada: remoção, barreiras físicas quando adequadas, sinalização, vigilância, fiscalização das rotas e oferta de alternativa regular. A simples limpeza, sem alteração do incentivo ao descarte, favorece a reincidência.

4.3. Reciclagem, Inovação e Compras Públicas

A reciclagem deve ser estimulada quando houver qualidade comprovada e benefício ambiental. Agregados reciclados podem ser destinados a concretos e argamassas nas hipóteses admitidas pelas normas técnicas, além de camadas de pavimentação, artefatos e

outras aplicações especificadas em projeto. A Administração Pública pode fomentar demanda por meio de critérios de compras e obras sustentáveis, sem dispensar desempenho, durabilidade e competitividade.

Pesquisas realizadas em Manaus oferecem base para uma agenda local. Ribas et al. (2012) mostraram que os RCC coletados em canteiros podem ser caracterizados e aproveitados conforme sua composição. Cavalcante et al. (2021) sistematizaram alternativas para reativação de materiais cimentícios hidratados. Jesus, Vieira e Vieira (2020) demonstraram a possibilidade de converter lodo de tratamento de água em componente de cimento geopolimérico. Em conjunto, esses estudos indicam que laboratórios universitários e parcerias com o setor produtivo podem desenvolver soluções ajustadas aos materiais e às condições amazônicas.

O incentivo público deve exigir avaliação de ciclo de vida e controle de emissões. Tecnologias que dependem de calcinação ou moagem intensa precisam demonstrar que a energia consumida e o transporte não anulam os benefícios da substituição. A circularidade ambientalmente responsável combina recuperação de materiais, eficiência energética, proximidade logística e longa vida útil do produto.

4.4. Proteção Direta das Águas e Produção de Dados

A prevenção do descarte deve ser acompanhada de indicadores específicos para a bacia. Propõe-se realizar campanhas periódicas de caracterização dos resíduos encontrados em margens, canais e dispositivos de drenagem, separando RCC de resíduos domiciliares e volumosos. O levantamento deve registrar massa ou volume, classe,

localização, recorrência e possível origem, sem atribuição automática de responsabilidade antes da apuração.

Também é recomendável monitorar parâmetros físicos associados ao aporte de sólidos, condições de assoreamento e obstruções em trechos críticos. Esses dados podem ser comparados com registros de chuva, obras licenciadas, solicitações de coleta e rotas de transporte. A integração permitirá avaliar se as medidas adotadas reduzem efetivamente a pressão sobre o sistema hídrico.

O quadro a seguir sintetiza uma proposta de governança integrada.

Eixo	Medida prioritária	Agentes principais	Indicador sugerido
Prevenção	Compatibilização de projetos e metas de redução no canteiro	Geradores e responsáveis técnicos	RCC gerado por metro quadrado construído
Segregação	Recipientes identificados e separação por classe na origem	Geradores e equipes de obra	Percentual segregado sem contaminação
Rastreabilidade	Registro digital de origem, transporte e destino	Geradores, transportadores e Município	Percentual de cargas com destinação comprovada
Infraestrutura	Pontos de entrega, áreas de triagem e unidades licenciadas	Município e operadores privados	Cobertura territorial e distância média de entrega
Reciclagem	Beneficiamento e uso conforme normas técnicas	Recicladores, universidades e construtoras	Percentual de Classe A reaproveitado

Proteção hídrica	Mapeamento e controle de pontos próximos a drenagens e igarapés	Meio ambiente, limpeza urbana e comunidade	Redução de volume removido em pontos reincidentes
Educação	Informação sobre responsabilidades e destinos regulares	Poder Público, setor produtivo e instituições de ensino	Alcance das ações e mudança na taxa de descarte irregular

4.5. Educação Ambiental e Controle Social

A educação ambiental deve ser direcionada a públicos distintos. Trabalhadores de obra precisam compreender segregação e acondicionamento, responsáveis técnicos devem dominar obrigações documentais e critérios de destinação, pequenos geradores necessitam de instruções simples sobre Entrega e comunidades da bacia devem conhecer canais de solicitação e denúncia.

Pinto, Cruz e Viana (2026) identificaram a educação ambiental como instrumento de mudança de comportamento e fortalecimento da cidadania na proteção do Parque do Mindu. No caso dos RCC, esse potencial se concretiza quando a informação é acompanhada de meios materiais para agir corretamente. Campanhas que apenas condenam o descarte, mas não informam locais acessíveis ou custos, possuem eficácia limitada.

O controle social também pode qualificar os dados. Aplicativos, ouvidorias e ações comunitárias podem registrar pontos de descarte e reincidência. Essas informações devem alimentar planejamento e fiscalização, com retorno público sobre providências. A participação não substitui a inspeção técnica, mas amplia a capacidade de

detecção e fortalece o vínculo entre proteção dos igarapés e gestão cotidiana da cidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo analisou de que modo a gestão dos resíduos da construção civil pode contribuir para a proteção hídrica na bacia do Igarapé do Mindu. A resposta ao problema de pesquisa indica que essa contribuição depende menos de uma solução isolada e mais da continuidade de uma cadeia integrada. Prevenção no projeto, segregação no canteiro, transporte rastreável, infraestrutura de recebimento, reciclagem controlada, fiscalização e monitoramento territorial precisam operar de forma coordenada.

A hipótese foi parcialmente confirmada. A análise normativa e técnica demonstra que falhas de segregação, logística e destinação criam condições favoráveis ao descarte irregular e à transferência de materiais para sistemas de drenagem e corpos hídricos. Também se verificou que medidas de prevenção e circularidade podem reduzir a pressão sobre matérias-primas e áreas de disposição. Entretanto, os documentos examinados não permitem quantificar qual parcela dos resíduos encontrados na bacia do Mindu corresponde especificamente aos RCC. Essa limitação impede afirmar uma relação causal medida e reforça a necessidade de pesquisa de campo.

Na dimensão da engenharia, os estudos analisados demonstram que a qualidade do resíduo é definida desde sua geração. A pesquisa de Ribas et al. (2012), realizada em Manaus, mostrou que fase da obra, método de coleta e gestão do canteiro influenciam a composição dos agregados reciclados. Cavalcante et al. (2021)

evidenciaram possibilidades de reativação de materiais cimentícios, enquanto Jesus, Vieira e Vieira (2020) conectaram saneamento e materiais ao avaliar lodo de estação de tratamento de água na produção de geopolímero. Esses resultados sustentam uma agenda de inovação regional, mas exigem ensaios, análise de ciclo de vida e observância das normas técnicas.

Na dimensão jurídica, a Constituição, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a Política Nacional de Recursos Hídricos, a legislação de saneamento e a Resolução CONAMA nº 307/2002 fornecem base suficiente para prevenção, responsabilização e planejamento. O principal desafio não é a ausência completa de regras, mas sua implementação articulada. Planos formais sem infraestrutura, dados e fiscalização não interrompem o fluxo irregular dos resíduos.

O artigo anterior de Pinto, Cruz e Viana (2026) demonstrou que a proteção do Mindu requer integração entre planejamento, educação ambiental e participação. O presente estudo acrescenta que a gestão dos RCC deve compor essa governança. A proteção das águas urbanas começa também no projeto da edificação, no armazenamento dos materiais, na caçamba corretamente identificada e na comprovação do destino.

Como agenda futura, recomenda-se caracterização gravimétrica dos resíduos em pontos críticos da bacia, georreferenciamento de descartes, análise de rotas de transporte, levantamento da capacidade instalada para recebimento e ensaios com agregados reciclados locais. Esses dados permitirão transformar a proposta qualitativa em política baseada em evidências e avaliar se a redução do descarte irregular produz melhoria mensurável na drenagem e na qualidade ambiental do Igarapé do Mindu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15116: agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland: requisitos e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF: CONAMA, 2002. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?id=305&option=com_sisconama&task=arquivo.download. Acesso em: 5 set. 2026.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 5 set. 2026.

BRASIL. **Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022.** Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d10936.htm. Acesso em: 5 set. 2026.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF: Presidência da República, 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 5 set. 2026.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 5 set. 2026.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 5 set. 2026.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Brasília, DF: Presidência da República, 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 5 set. 2026.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF: Presidência da República, 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 5 set. 2026.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Brasília, DF: Presidência da República, 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 5 set. 2026.

CAVALCANTE, Ana Valéria Duarte; AZEVEDO, Joycianne de Almeida; BELO, Laryssa Damasceno; RIBAS, Luciane Farias. **Argamassas e**

concretos desidratados. Brazilian Applied Science Review, Curitiba, v. 5, n. 4, p. 1808-1819, jul./ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.34115/basrv5n4-006>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/32821>. Acesso em: 12 set. 2026.

FALCONE, Daniel Lins Pontes. **A paisagem de Manaus a partir de suas águas: ensaios de infraestrutura verde para as bacias do Igarapé do Mindu.** 2025. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.16.2025.tde-12012026-154416>. Acesso em: 12 set. 2026.

JESUS, Aedjota Matos de; VIEIRA, Raimundo Kennedy; VIEIRA, Adalena Kennedy. **Use of sludge from water treatment station to produce geopolymers cement: uso de lodo de estação de tratamento de água para produção de cimento geopolimérico.** Brazilian Applied Science Review, Curitiba, v. 4, n. 6, p. 3367-3378, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34115/basrv4n6-006>. Acesso em: 12 set. 2026.

MACHADO, Ana Lúcia Soares; ZANETI, Izabel Cristina Bruno Bacellar; HIGUCHI, Maria Inês Gasparetto. **A degradação dos cursos hídricos urbanos: uma abordagem sobre gestão e educação ambiental.** Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, Araraquara, v. 14, n. 3, p. 1124-1138, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21723/riaee.v14i3.11416>. Acesso em: 12 set. 2026.

MANAUS. Prefeitura de Manaus. **Plano Diretor de Resíduos Sólidos de Manaus.** Manaus: Prefeitura de Manaus; Instituto Brasileiro de

Administração Municipal, 2010. Disponível em:
<https://planodesaneamento.manaus.am.gov.br/wp-content/uploads/2025/04/PLANO-DIRETOR-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-MANAUS-2-1.pdf>. Acesso em: 22 set. 2026.

PINTO, Analice Cavalcante; CRUZ, Gedeon de Souza; VIANA, Rejane da Silva. **Degradação ambiental e educação ambiental: relações e possibilidades de mudança de comportamento no contexto do Parque Municipal do Mindu em Manaus.** Revista Tópicos, [s. l.], 12 jun. 2026. Disponível em:
<https://doi.org/10.70773/revistatopicos/781155146>. Acesso em: 22 set. 2026.

QUEIROZ, Matheus Silveira de; ALVES, Neliane de Sousa; BATISTA, Selma Paula Maciel. **Análise do risco de inundação no Igarapé do Mindu em Manaus - Amazonas.** Acta Geográfica, Boa Vista, v. 14, n. 36, p. 216-231, set./dez. 2020. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/364451209_ANALISE_DO_RISCO_DE_INUNDACAO_NO_IGARAPE_DO_MINDU_EM_MANAUS_-_AMAZONAS. Acesso em: 19 set. 2026.

RIBAS, Luciane Farias; CORDEIRO, Guilherme Chagas; VIEIRA, Adalena Kennedy; VIEIRA, Raimundo Kennedy. **A methodology for collection of residential construction residue in Manaus.** Journal of Environmental Science and Engineering A, [s. l.], v. 1, p. 1149-1163, 2012. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/283031797_A_Methodology_for_Collection_of_Residential_Construction_Residue_in_Manaus. Acesso em: 12 set. 2026.

TEIXEIRA, José Roberto de Souza; ASSAYAG, Elias Simão; CONTENTE, Ellem Cristiane Moraes de Souza; GARCEZ, Lilyanne Rocha; SILVA, Maria de Nazaré Alves da. **Avaliação da qualidade da água distribuída no município de Parintins/AM.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2013, Goiânia. Anais eletrônicos [...]. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013. Trabalho I-204. Disponível em: https://abes-dn.org.br/anaiseletronicos/22_Download/TrabalhosCompletosPDF/I-204.pdf. Acesso em: 22 set. 2026.

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental, PPGDA, da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, da Turma de 2026. Especialista em Direito Tributário pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais/PUC Minas. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2827859866066049> ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6382-4862> E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Engenheira Civil. Pós-graduanda em Gerenciamento de Obras de Construção Civil. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5858475635401203>. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6399-0580>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).