

# Proposição e análise de viabilidade econômica de cenários para o gerenciamento de resíduos da construção civil por meio de consórcios intermunicipais

*Proposition and analysis of economic feasibility of scenarios for the management of construction waste through inter-municipal consortia*

Gustavo Henrique Vital Gonçalves<sup>1\*</sup> , Marcus Cesar Avezum Alves de Castro<sup>2</sup> , Marco Aurélio Soares de Castro<sup>3</sup> , Valdir Schalch<sup>4</sup> , Wellington Cyro de Almeida Leite<sup>5</sup> , Leonardo Brian Gonçalves da Rocha<sup>1</sup> , José da Costa Marques Neto<sup>1</sup> 

## RESUMO

Os resíduos da construção civil (RCC) constituem atualmente um dos maiores problemas das áreas urbanas, sendo a gestão adequada desse material um desafio para grande parte dos municípios brasileiros. Nesse contexto, os consórcios intermunicipais surgem como uma alternativa de viabilização de projetos, com base no princípio de que a busca de parcerias pode ser uma opção mais atrativa e econômica. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica de três cenários diferentes para a implantação de infraestruturas de gerenciamento e reciclagem de RCC para formação de um consórcio intermunicipal nos municípios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Baixo Pardo/Grande (UGRHI 12). Por meio das visitas e entrevistas com gestores públicos, constatou-se que nenhum dos municípios da UGRHI 12 possui infraestrutura adequada para o gerenciamento dos RCC gerados. As análises de viabilidade econômica mostraram que o compartilhamento de uma usina de reciclagem de RCC, uma área de transbordo e triagem e um aterro se mostrou o cenário mais vantajoso, resultando em uma taxa interna de retorno de 78,79%, um valor presente líquido de R\$ 29.094.983,16 e *payback* de um ano e sete meses. Entretanto, nos três cenários analisados, viu-se que a gestão compartilhada dos RCC pode ser viável e lucrativa, podendo trazer redução de custos e ganho de escala.

**Palavras-chave:** resíduos da construção civil; viabilidade econômica; consórcios intermunicipais.

## ABSTRACT

Construction waste (CW) is currently one of the biggest problems in urban areas, and the proper management of this material is a challenge for most Brazilian municipalities. In this context, intermunicipal consortia emerge as an alternative for project feasibility, based on the principle that the search for partnerships can be a more attractive and economical option. Thus, this work aimed to evaluate the economic viability of three different scenarios for the implementation of CW management and recycling infrastructures for the formation of an intermunicipal consortium in the municipalities belonging to the Baixo Pardo/Grande Watershed (UGRHI 12). Through visits and interviews with public managers, it was found that none of the municipalities of UGRHI 12 has adequate infrastructure for the management of generated construction waste. Economic feasibility analyses showed that sharing a CW recycling plant, a transshipment and sorting area, and a landfill, without showing the most advantageous scenario, resulting in an TIR of 78.79% and a VPL of R\$ 29,094,983.16, and a payback of 1 year and 7 months. However, in the three scenarios analyzed, it was found that the shared management of construction waste can be viable and profitable, and can bring cost reduction and scale gain.

**Keywords:** construction waste; economic viability; intermunicipal consortia.

## INTRODUÇÃO

O setor da construção civil, apesar da inegável importância para o desenvolvimento econômico e social de um país, tem sido apontado como um dos

maiores geradores de impactos ambientais, seja pelo consumo de recursos naturais não renováveis, seja pela intensa geração de resíduos, cuja destinação nem sempre acontece de maneira adequada (ASLAM; HUANG; CUI, 2020).

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos - São Carlos (SP), Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências - Rio Claro (SP), Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia - Limeira (SP), Brasil.

<sup>4</sup>Universidade de São Paulo, Engenharia Hidráulica e Saneamento - São Carlos (SP), Brasil.

<sup>5</sup>Universidade de Ribeirão Preto - Ribeirão Preto (SP), Brasil.

\*Autor correspondente: guvital@hotmail.com, gustavovital@hotmail.com.br

Conflitos de interesse: nada a declarar.

Financiamento: nenhuma.

Recebido: 30/06/2022 - Aceito: 31/05/2023

Em 2020, segundo o panorama da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2021), a geração de resíduos da construção civil (RCC) no Brasil foi de 44,5 milhões de toneladas, número que representa mais de 56% do peso total de todos os resíduos sólidos gerados no país. Esse alto índice de geração muitas vezes é ocasionado pela falta de controle nas etapas de gerenciamento realizadas pelas empresas e pela administração pública. Além disso, a destinação inadequada dos resíduos em praças, ruas, margens de rios e aterros clandestinos aumentou 16% em relação a 2010, o que afeta a saúde de 77,65 milhões de brasileiros, com um custo ambiental e de tratamento de saúde na ordem de 1 bilhão de dólares por ano.

Um agravante é que grande parte dos municípios não fornece estrutura adequada que permita a segregação, triagem, acondicionamento, transporte e destinação final ambientalmente adequados dos RCC, o que estimula a deposição irregular em vias públicas e margens de rios. Com a falta de um plano de gerenciamento desses resíduos, as administrações municipais vêm enfrentando graves problemas ambientais (NIAOUNAKIS; BLANK, 2017).

O Brasil apresenta 5.570 municípios espalhados por todo o território, dos quais 88% possuem até 50 mil habitantes, sendo considerados municípios de pequeno e médio porte e com pouca estrutura para manter um sistema de gestão de resíduos em patamares adequados do ponto de vista sanitário e ambiental (IBGE, 2019). Para Araújo (2021), o fato de a grande maioria dos municípios brasileiros ser de pequeno ou de médio porte, por si, exige que muitos dos seus problemas sejam resolvidos de forma articulada e integrada, sobretudo se considerar as desigualdades físicas e financeiras.

Segundo Elisa e Nagalli (2020), os pequenos geradores de RCC são responsáveis pela maior parte dos resíduos gerados num município. Eles realizam, principalmente, obras informais, cujos resíduos representam até 75% do total de RCC gerados, sobretudo nos pequenos municípios.

Uma parte fundamental das ações de regulação e fiscalização da gestão de RCC se encontra nas mãos do poder público municipal. A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 307/2002, no que diz respeito às responsabilidades, estabelece aos municípios a elaboração de procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, na forma de um programa integrado de gerenciamento dos RCC (BRASIL, 2002).

Como os municípios pequenos não possuem condições para a implantação de serviços mais complexos, o que os coloca quase sempre em situação de dependência em relação aos grandes municípios ou aos municípios-polo, estes têm utilizado diversos instrumentos de cooperação para a implementação de políticas públicas, tais como pactos, consórcios, agências, redes, empresas, associações ou fóruns intermunicipais. A Lei nº 11.107/2005 instituiu a possibilidade de os municípios se consorciarem para atenderem a demandas de interesse público, vislumbrando uma oportunidade de alcançar a universalização na prestação de serviços apoiados na estrutura do consórcio, criada para o aporte dessas potencialidades (VENTURA; SUQUISAQUI, 2020).

O novo marco do saneamento básico (Lei nº 14.026/2020) estabeleceu regras de atendimento e de equilíbrio dos contratos de prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, dispondo no caso de consórcios públicos da possibilidade de formalização de consórcios intermunicipais, exclusivamente composto de municípios, que podem prestar o serviço aos seus consorciados diretamente, pela instituição de autarquia intermunicipal (BRASIL, 2020).

Dessa maneira, os consórcios públicos intermunicipais têm se mostrado uma excelente alternativa para a gestão compartilhada dos resíduos, principalmente para a grande maioria dos pequenos e médios municípios, que em sua grande parte não gera quantidades suficientes de RCC que justifiquem o investimento público na construção e manutenção de usinas de reciclagem desses materiais de forma isolada (POLLITT; BOUCKAERT, 2017).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivos propor e avaliar a viabilidade econômica de três cenários para a gestão de RCC na formação de um consórcio para os municípios pertencentes à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Baixo Pardo/Grande (UGRHI 12), com foco nos RCC gerados no âmbito da administração pública e de setores privados, principalmente de pequenos geradores.

## METODOLOGIA

### Caracterização e aspectos gerais da UGRHI 12

A UGRHI 12, ecossistema de estudo deste artigo, possui área territorial de 7.239 km<sup>2</sup>. Essa unidade de gerenciamento é composta de 12 municípios (Altair, Barretos, Bebedouro, Colina, Colômbia, Guaraci, Icem, Jaborandi, Morro Agudo, Orlândia, Terra Roxa e Viradouro), com população total de 356.071 habitantes (Figura 1).

A escolha dessa UGRHI deve-se ao fato de que 83,3% dos municípios que a compõem possuem população estimada menor que 50 mil habitantes, sendo considerados de pequeno e médio porte. Foram realizadas visitas nos 12 municípios da UGRHI 12 no período de 1º de junho a 30 de julho de 2022. Os dados levantados *in loco* e por meio de entrevistas com gestores das prefeituras forneceram subsídios para caracterizar a bacia como um todo, no que diz respeito aos modelos de gerenciamento do manejo do RCC atualmente em operação nos municípios e à produção de RCC.

Entre os principais usos do solo, destacam-se os destinados às atividades agrícola, pastoril, avícola, industrial e urbana. A Tabela 1 apresenta os principais indicadores territoriais e demográficos da UGRHI 12. A produção estimada de RCC na bacia é de 439,12 toneladas por dia, com média *per capita* de 131 kg/hab.dia. Esses dados demonstram a necessidade de políticas específicas de gestão dos RCC para municípios de pequeno porte.

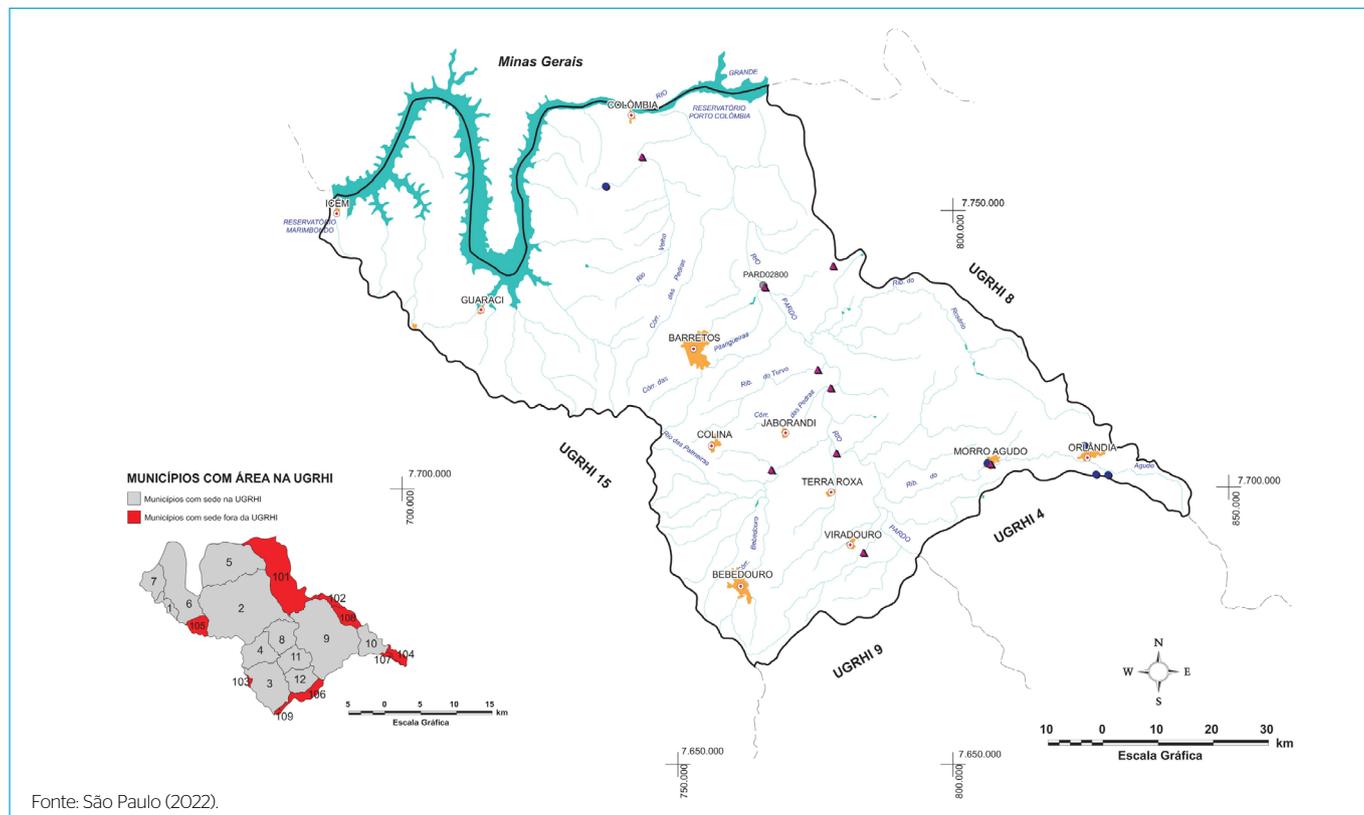
De acordo com os dados levantados *in loco* e com as entrevistas com gestores públicos, cerca de 75% dos resíduos gerados na UGRHI 12 pertencem à classe A (9.888 toneladas/ano). Já os materiais recicláveis, como papel, papelão, plástico e madeira, representam cerca de 20% do total gerado (2.572 toneladas/ano).

### Proposição de cenários para a formação do consórcio intermunicipal

Para as triagem e destinação adequadas dos RCC, existem basicamente quatro estruturas, conforme apresentado no Quadro 1.

O desenvolvimento das infraestruturas presentes nos cenários foi idealizado considerando o modo pelo qual se dá o fluxo de RCC desde sua geração até seu destino final (Figura 2).

Dessa forma, foram considerados três cenários com diferentes infraestruturas para constituição do consórcio para gestão dos RCC nos municípios pertencentes à UGRHI 12.



**Figura 1** - Municípios pertencentes à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Baixo Pardo/Grande.

**Tabela 1** - Indicadores territoriais e demográficos da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Baixo Pardo/Grande.

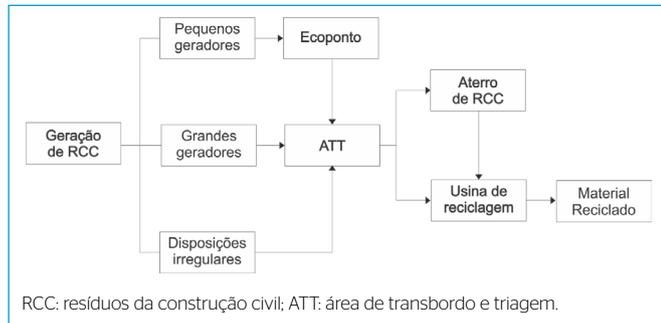
| Municípios  | Área (m <sup>2</sup> ) | Taxa de urbanização (%) | Densidade demográfica (hab./km <sup>2</sup> ) | Taxa de crescimento anual (%) | Geração de RCC (t/dia) | Geração per capita de RCC (kg/hab.dia) |
|-------------|------------------------|-------------------------|---|-------------------------------|------------------------|--|
| Altair      | 316,09                 | 85,02                   | 12,95   | 0,55                          | 4,18                   | 1,03                                   |
| Barretos    | 1.566,16               | 96,95                   | 75,61   | 0,51                          | 117,80                 | 0,94                                   |
| Bebedouro   | 683,30                 | 96,22                   | 108,27  | 0,13                          | 129,83                 | 1,7                                    |
| Colina      | 422,57                 | 95,46                   | 41,69   | 0,13                          | 22,47                  | 1,27                                   |
| Colômbia    | 728,64                 | 75,38                   | 8,30  | 0,80                          | 8,00                   | 1,28                                   |
| Guaraci     | 641,50                 | 93,17                   | 17,23   | 0,94                          | 7,74                   | 0,70                                   |
| Içem        | 362,60                 | 86,76                   | 22,29   | 0,73                          | 11,20                  | 1,38                                   |
| Jaborandi   | 273,40                 | 95,06                   | 24,43   | 0,12                          | 6,30                   | 0,94                                   |
| Morro Agudo | 1.388,00               | 97,68                   | 23,49   | 1,04                          | 43,6                   | 1,33                                   |
| Orlandia    | 291,8                  | 97,42                   | 145,44  | 0,60                          | 53,76                  | 1,26                                   |
| Terra Roxa  | 221,50                 | 96,30                   | 41,39   | 0,69                          | 7,24                   | 0,79                                   |
| Viradouro   | 217,7                  | 97,07                   | 84,60   | 0,58                          | 27,00                  | 1,46                                   |

RCC: resíduos da construção civil.

Fonte: adaptado de Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (2019).

**Quadro 1** - Estruturas para a destinação dos resíduos da construção civil.

|  |  |
|--|--|
| Aterros de resíduos classe A                         | Área tecnicamente adequada onde são empregadas técnicas de destinação de resíduos da construção civil classe A no solo, visando à reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro ou futura utilização da área (BRASIL, 2012). |
| Área de transbordo e triagem                         | Área destinada ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada (BRASIL, 2012).                 |
| Ecoponto   | Área de transbordo e triagem de pequeno porte destinada à entrega voluntária de pequenas quantidades de resíduos de construção e resíduos volumosos, integrante do sistema público de limpeza urbana (ABNT, 2004).                                       |
| Usinas de reciclagem de resíduos da construção civil | Destinadas ao recebimento e à transformação de resíduos classe A (como tijolo, concreto, telhas, areia e outros trituráveis), previamente triados para produção de agregados reciclados.   |



**Figura 2** - Fluxo da destinação dos RCC nos municípios consorciados.

O cenário 1 representa a solução na qual cada município deve contar com um ecoponto e uma área de transbordo e triagem (ATT). Após a triagem, seus RCC são encaminhados para um dos municípios do consórcio, que instala uma única usina de reciclagem responsável pelo beneficiamento de todos os resíduos gerados. Essa solução traz como vantagem o ganho de escala na operação da usina, porém, como todo material reciclado se encontra no município de instalação da usina, a comercialização do agregado pode ser dificultada.

O cenário 2 diferencia-se do anterior por dispensar a instalação de ATT em cada um dos municípios, que passa a contar apenas com ecopontos. As ATT, de modo geral, são infraestruturas de maior dimensão. Em casos de municípios pequenos, elas podem ser subutilizadas por causa da baixa demanda, o que justifica o compartilhamento de ATT entre municípios próximos. Assim, pequenos volumes são encaminhados para os ecopontos localizados em cada um dos municípios e posteriormente direcionados à ATT em outro município. Já os grandes volumes são diretamente encaminhados à ATT, sem passagem pelos ecopontos locais. Após a triagem, o RCC deve ser encaminhado ao município onde estão implantados a usina de reciclagem de RCC e o aterro de RCC. O compartilhamento de ATT traz como vantagem a redução de custos com implantação e de transporte.

O cenário 3 representa a solução na qual, em vez de os municípios enviarem seus resíduos gerados, ocorre o transporte da própria recicladora entre os municípios. Nesse tipo de cenário, cada município implanta um ecoponto e uma ATT, e todos compartilham um único aterro de RCC. Nesse caso, os equipamentos da recicladora devem ser do tipo móvel ou semimóvel. Assim, os custos de transporte são reduzidos, uma vez que não ocorre mais o transporte de resíduos de forma intermunicipal. O transporte da unidade móvel de reciclagem de RCC ocorre apenas esporadicamente.

## Definição dos parâmetros e custos para os cenários propostos

Para compor toda a análise de viabilidade, é necessária a definição de alguns custos. Os valores foram obtidos por meio de pesquisa na literatura, consulta a fornecedores de equipamentos e de mercado. Os custos podem ser classificados basicamente em três tipos: custos de implantação, custos de operação e custos de manutenção.

Fazem parte dos custos de implantação a aquisição do terreno, os custos com as obras de engenharia, aquisição de equipamentos e mobiliário.

Os custos de aquisição de terrenos para a implantação da infraestrutura só foram considerados na implantação da usina de reciclagem e do aterro que são compartilhados entre os municípios consorciados. Na infraestrutura a ser

implantada em cada município não foi considerado esse custo, visto que o poder público dispõe em muitos casos de lotes que podem ser empregados para esse fim.

Definidos os custos de implantação, que também podem ser denominados de custo de investimento inicial, foram levantados os custos necessários para o funcionamento das infraestruturas, que envolvem custos com funcionários, custos com despesas fixas e mensais, despesas relacionadas à manutenção dos equipamentos e os impostos que são aplicados em receita e nos fluxos de caixa ao longo da análise de investimentos.

Com relação aos tributos, foram aplicados os impostos sobre receita, que são Contribuição para os Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP) e Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (Cofins), em percentuais de 0,65 e 3%, respectivamente. Sobre o lucro presumido, foram aplicados o Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ) e a Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL), 15 e 9%, respectivamente. Esses impostos, além de terem sido identificados em outras pesquisas, foram definidos em uma consulta com profissionais da área financeira.

Os custos de manutenção ocorrem pela própria característica do processo produtivo de reciclagem. Os equipamentos que compõem as infraestruturas instaladas, apesar de sua robustez, necessitam de constante manutenção, objetivando manter o nível esperado de produtividade e qualidade do agregado produzido. Por esse motivo, com base na pesquisa de Moresco (2017), foi aplicada uma taxa de 1% sobre o valor de aquisição dos equipamentos para a manutenção mensal.

O custo de depreciação dos equipamentos de britagem, das máquinas e de veículos próprios é calculado de forma linear para um período de dez anos para instalações e maquinários, considerando o valor residual de 10% do custo de aquisição.

## Receitas

A determinação das receitas é feita com base no produto da quantidade de agregados gerados na usina de reciclagem pelo seu preço de mercado somado à cobrança pela recepção dos RCC nos municípios em que existem empresas privadas de coleta de material.

A capacidade de geração de RCC identificada na UGRHI 12 foi definida como percentual de 75% aquele referente à porcentagem de resíduos denominados de classe A, conforme dados levantados *in loco* nos municípios e em entrevistas com gestores públicos.

Para ter como atrativos a compra e aplicação dos agregados reciclados produzidos na usina, foi estabelecido o valor de 50% sobre o valor dos agregados naturais como preço de venda do material reciclado (NICOLAU, 2018; CORRÊA; CURSINO; SILVA, 2019). Com base nisso, foi realizada uma pesquisa de mercado em todos os municípios do estudo de caso, sendo definido o valor médio de venda de agregados naturais de R\$ 120/m<sup>3</sup>.

Já a cobrança pela recepção dos RCC das empresas privadas foi definida em R\$ 18/m<sup>3</sup>, média que vem sendo praticada em outras regiões do estado (NICOLAU, 2018; MARQUES, 2019).

## Fatores econômicos envolvidos na análise de viabilidade

A taxa mínima de atratividade utilizada nessa análise é de 13,75%, que foi a taxa média ajustada dos financiamentos apurados pelo Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (Selic) no período de análise deste trabalho, que tem como data base agosto de 2022.

Já para a atualização dos custos envolvidos no desenvolvimento do projeto, foi utilizado o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), empregado para definir as metas de controle de inflação do governo federal. Por causa da anormalidade da inflação no Brasil no período pós-pandemia, adotou-se a média de 6,30% para o IPCA nesta pesquisa (média referente ao IPCA de 2019, 2020 e 2021).

O período escolhido para a realização da análise econômica foi de 20 anos (2022 a 2042). Para cada cenário, a análise incluiu as receitas ao longo do horizonte de planejamento e os custos de implantação e operação referentes a todas as infraestruturas propostas.

A estimativa da população dos municípios da UGRHI 12 ao longo dos 20 anos analisados foi calculada mediante a Equação 1, por meio da taxa de crescimento demográfico de cada município, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019).

$$Pop_{est} = Pop \times [1 + (Ano_{atual} - Ano_{censo})T_{ca}] \quad (1)$$

Em que:

$Pop_{est}$ : população estimada para cada ano;

Pop: população do último censo (IBGE, 2019);

$Ano_{censo}$ : ano do último censo;

$T_{ca}$ : taxa de crescimento anual do município.

A relação ao cálculo do aumento da geração de RCC foi realizada considerando-se a taxa de geração *per capita* municipal, conforme a Equação 2.

$$G_{RCC} = (Pop_{est} \times G_{pc}) / 1.000 \quad (2)$$

Em que:

$G_{RCC}$ : geração diária de RCC no município (t/dia);

$Pop_{est}$ : população estimada para cada ano;

$G_{pc}$ : geração *per capita* de RCC (kg/hab.dia).

Um projeto de investimento deve ser estabelecido pela análise de indicadores econômicos e financeiros, como o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) e o *payback*.

O VPL faz uma comparação do investimento realizado com o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo projeto, considerando todos os fluxos de caixa, e não apenas o instante no tempo em que o saldo é positivo, dando uma medida de riqueza adicionada ou destruída, esta quando o VPL for menor que 0 (Equação 3).

$$VPL = -V_0 + \sum_{n=1}^n \frac{Fc}{(1+i)^n} \quad (3)$$

Em que:

Fc: fluxo de caixa;

$V_0$ : investimento inicial;

$i$ : taxa de juros (TMA);

$n$ : índice do período (meses ou anos).

A TIR é a taxa de desconto que torna o VPL do investimento igual a 0, também chamada de taxa interna efetiva de rentabilidade. Caso haja vários

projetos de investimentos viáveis, o método da taxa interna de retorno conduz à preferência daquele que tiver a TIR mais elevada (Equação 4).

$$0 = \sum_{j=1}^N \frac{FC_j}{(1+TIR)^j} - FC_0 \quad (4)$$

Em que:

$FC_0$ : fluxo de caixa no momento 0;

$FC_j$ : fluxo de caixa no momento j.

Já o *payback* corresponde ao prazo necessário para que o valor atual dos reembolsos (retorno de capital) se iguale ao desembolso com o investimento efetuado, visando à restituição do capital aplicado (Equação 5).

$$Payback = \sum_{j=1}^N \frac{FC_j}{(1+TMA)^j} \geq 0 \quad (5)$$

Em que:

*Payback*: prazo para recuperação do capital investido;

FC<sub>j</sub>: fluxo de caixa no momento j;

TMA: taxa mínima de atratividade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Aspectos gerais dos resíduos da construção civil na UGRHI Baixo Pardo/Grande

Apesar de todo o avanço das legislações, desde 2002, com a Resolução Conama nº 307/2002, a situação dos RCC nos municípios da UGRHI 12 mostra a dificuldade que os municípios de pequeno porte enfrentam para equacionar as questões relativas à sua gestão, comprovadas pela análise dos dados obtidos nos municípios.

Por meio dos órgãos de controle e fiscalização, como o Comitê das Bacias Hidrográficas do Baixo Pardo/Grande (CBH-BPG) e a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), os municípios têm sido orientados no sentido de se adequarem às diretrizes para um padrão aceitável de gerenciamento dos RCC.

De acordo com os dados levantados *in loco* nas visitas às cidades e nas entrevistas com os gestores públicos (principalmente secretarias de Obras e Meio Ambiente), nos municípios pertencentes à UGRHI 12 no ano de 2022 predominavam os resíduos da classe A (75%), podendo dessa forma serem reutilizados ou reciclados como agregados. Já os materiais recicláveis, como papel, papelão, plástico e madeira, representavam cerca de 20% do total gerado. A Tabela 2 apresenta a estimativa da geração de RCC por classe de material, segundo a Resolução CONAMA nº 307/2002.

**Tabela 2** - Geração de resíduos da construção civil por classe de material na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Baixo Pardo/Grande.

| Classe | Percentual (%) | Quantidade mensal (t/mês) | Quantidade anual (t/ano) |
|--------|----------------|---------------------------|--------------------------|
| A      | 75,05          | 824,02                    | 9.888,24                 |
| B      | 19,53          | 214,35                    | 2.572,20                 |
| C      | 3,50           | 38,42                     | 461,04                   |
| D      | 1,92           | 21,04                     | 252,48                   |

Esse percentual de RCC pertencente à classe A encontrado nos municípios da UGRHI 12 é semelhante ao observado em outros municípios do estado de São Paulo. Marques Neto (2009) realizou um diagnóstico da gestão de RCC em 64 municípios e identificou que os resíduos classe A correspondem, em média, a 74% dos RCC gerados, seguidos dos resíduos Classe B, com 18%.

Também foi possível constatar que na Bacia do Baixo Pardo/Grande a maioria das prefeituras (66,7%) executa todos os serviços de manejo de RCC, cujos municípios são de pequeno porte (com população de até 20 mil habitantes), prática que segundo Novakowski, Trindade e Piovezana (2017) também é observada no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, o qual na maioria das vezes é executado pelas administrações municipais, de acordo com a realidade das prefeituras. No caso dos RCC, na maioria das cidades, a forma de cobrança para prestação do serviço de manejo é realizada por meio de taxa específica no mesmo boleto do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU).

Outra importante questão relacionada ao manejo dos RCC na bacia está associada à existência de empresas de coleta desses resíduos, popularmente denominadas caçambeiras. Dos 12 municípios estudados, Barretos, Bebedouro, Morro Agudo, Orlândia e Viradouro possuem empresas privadas de coleta, que são responsáveis pela coleta diária de 230,26 toneladas, o que representa 52,4% do total de RCC gerados na bacia.

### Análise de viabilidade econômica dos cenários propostos

Inicialmente foram definidos os primeiros parâmetros operacionais e financeiros para o estudo de viabilidade. Os parâmetros de projeto foram obtidos mediante o diagnóstico realizado nos municípios pertencentes à UGRHI 12 e pela literatura e avaliados por meio das estimativas das condições de operação das infraestruturas e das condições de mercado atuais e futuras após a consulta de fornecedores e especialistas do setor.

Gonçalves (2016) realizou a caracterização qualitativa dos RCC no município de Orlândia. O método de caracterização foi o sugerido por Marques Neto (2005). A massa unitária dos RCC oriunda da relação massa/volume das amostras coletadas, em condições úmidas em Orlândia, foi de 1,12 t/m<sup>3</sup>. Dessa forma, adotou-se esse parâmetro para os demais municípios pertencentes à UGRHI 12. A Tabela 3 apresenta a definição dos parâmetros utilizados para avaliação da viabilidade econômica dos cenários propostos para formação do consórcio intermunicipal.

Com base nos parâmetros definidos na metodologia, fizeram-se as estimativas de receitas e custos para cada um dos cenários avaliados. Isso significa estimar, ao longo de todo o horizonte de planejamento (20 anos), receitas e custos provenientes de todas as infraestruturas necessárias para a implantação do projeto.

Para compor toda a análise de viabilidade, é necessária a definição de alguns custos. Por intermédio do detalhamento da infraestrutura a ser implementada, capacidade instalada e tecnologia embarcada, conforme o Quadro 2, foi possível identificar os principais custos que devem ser considerados no estudo da viabilidade do consórcio.

A Tabela 4 apresenta o detalhamento dos custos relacionados à implantação, operação e manutenção de cada infraestrutura prevista.

A determinação das receitas é feita pelo produto da quantidade de agregados gerados na usina de reciclagem e pelo recebimento de RCC das empresas privadas de coleta.

As receitas provenientes dos três cenários propostos para a formação do consórcio intermunicipal foram determinadas com base na venda do agregado reciclado e no valor cobrado para recebimento do RCC coletado pelas empresas privadas de coleta. Os valores foram calculados de acordo com a geração de RCC classe A em 2022 nos municípios da UGRHI 12. A projeção para o horizonte de planejamento levou em consideração a estimativa de crescimento da população e a geração *per capita* de 131 kg/hab.dia (Tabela 5).

### Cenário 1

Neste cenário, os municípios enviam, após triagem, seu RCC para um dos municípios do consórcio, que instala uma única usina de reciclagem de RCC, responsável pelo beneficiamento de todo o resíduo gerado pelos municípios consorciados, e um aterro.

O município que recebe a usina e o aterro é um ponto que merece bastante atenção, e ele é escolhido com base na minimização dos momentos de transportes. O município central é o que possui o menor momento de transporte considerando a geração de resíduos e a distância entre eles para o transporte intermunicipal de resíduos. Como Bebedouro foi o município com o menor momento de transporte, ele foi o selecionado para a alocação da usina e do aterro de resíduos classe A, haja vista sua posição estratégica na região (Tabela 6).

A Tabela 7 apresenta os custos das infraestruturas propostas em cada um dos municípios analisados. Destaca-se que os custos de aquisição de terrenos para a implantação das infraestruturas só foram considerados para implantação da usina de reciclagem e para o aterro que são compartilhados entre os municípios consorciados. Na infraestrutura a ser implantada em cada município não foi levado em conta esse custo, visto que o poder público dispõe em muitos casos de lotes que podem ser empregados para esse fim.

Como os municípios de Barretos e Viradouro já possuem ecopontos implantados, foram apontados apenas os custos de operação e manutenção da infraestrutura já existente.

**Tabela 3 – Principais parâmetros de projeto para o estudo de caso.**

| Parâmetro   | Quantidade |
|---|------------|
| Massa específica do resíduo da construção civil (t/m <sup>3</sup> ) | 1,12       |
| Massa específica do agregado reciclado (t/m <sup>3</sup> )          | 1,12       |
| Horizonte de planejamento (anos)                                    | 20         |
| Preço do agregado reciclado (R\$/m <sup>3</sup> )                   | R\$ 60     |
| Preço de recepção do agregado reciclado (R\$/m <sup>3</sup> )       | R\$ 18     |
| Custo <i>diesel</i> (R\$/L)   | R\$ 7      |
| Rendimento do caminhão (km/L)                                       | 3          |
| Capacidade de resíduo por caminhão (t/caminhão)                     | 10         |
| Custo transporte intermunicipal (R\$/km.t)                          | R\$ 0,23   |
| Taxa mínima de Atratividade (%)                                     | 13,75      |
| IPCA (%)  | 5,49       |
| Pis/Cofins (%)  | 3,65       |
| IRPJ/CSLL (%)   | 24         |

IPCA: Índice de Preços ao Consumidor Amplo; PIS/Cofins: Contribuição para os Programas de Integração Social/Contribuição para Financiamento da Seguridade Social; IRPJ: Imposto de Renda Pessoa Jurídica; CSLL: Contribuição Social sobre o Lucro Líquido.

**Quadro 2 - Infraestrutura a ser implementada nos municípios da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Baixo Pardo/Grande.**

| Infraestrutura  | Capacidade operacional | Detalhamento  |
|---|------------------------|---|
| Ecoponto  | 10 t/h                 | <b>Equipamentos</b>   |
|   |                        | Pás, caçambas estacionárias, balança, carriolas   |
|   |                        | <b>Obras civis</b>  |
|   |                        | Terraplanagem e piso de concreto, fechamento em cerca de alambrado, escritório de 20 m <sup>2</sup>   |
| Área de transbordo e triagem                              | 10 t/h                 | <b>Mão de obra</b>  |
|   |                        | Dois funcionários   |
|   |                        | <b>Equipamentos</b>   |
|   |                        | Retroescavadeira, pás e carriolas   |
| Aterro de resíduos classe A                               | 10 t/h                 | <b>Obras civis</b>  |
|   |                        | Terraplanagem e limpeza de terreno, escritório de 20 m <sup>2</sup>   |
|   |                        | <b>Mão de obra</b>  |
|   |                        | Dois funcionários   |
| Usina de reciclagem de resíduos da construção civil       | 50 t/h                 | <b>Equipamentos</b>   |
|   |                        | Retroescavadeira, pás e carriolas   |
|   |                        | <b>Obras civis</b>  |
|   |                        | Cerca de isolamento, placas de sinalização e identificação, portaria para controle de entrada e saída de veículos, portaria para controle de entrada e saída de veículos, escritório, refeitório e banheiro (50 m <sup>2</sup> )  |
| Usina de reciclagem móvel de resíduos da construção civil | 50 t/h                 | <b>Mão de obra</b>  |
|   |                        | Dois funcionários   |
|   |                        | <b>Equipamentos</b>   |
|   |                        | Pá carregadeira, caminhão, alimentador e grelha vibratória (modelo AVT MT 01/804), eletroimã (EM MF 01/0804), britador de impacto (BM MF 01/0804), duas esteiras transportadoras móveis (ETT MG 01/0804), três esteiras transportadoras fixas (ET MF 01/0804), painel de comando (PCE MF 01/0804) e ferramentas |
| Usina de reciclagem móvel de resíduos da construção civil | 50 t/h                 | <b>Obras civis</b>  |
|   |                        | Portaria, escritório, copa, vestiários, depósito (cerca de 100 m <sup>2</sup> )   |
|   |                        | <b>Mão de obra</b>  |
| Usina de reciclagem móvel de resíduos da construção civil | 50 t/h                 | <b>Mão de obra</b>  |
|   |                        | Dois motoristas, dois operadores de máquina pesada, três auxiliares de serviços gerais  |
|   |                        | <b>Equipamentos</b>   |
| Usina de reciclagem móvel de resíduos da construção civil | 50 t/h                 | <b>Equipamentos</b>   |
|   |                        | Caminhão do tipo <i>roll on roll off</i> , britadeira móvel de mandíbula modelo BMD RA 700/6, peneira rotativa móvel  |
|   |                        | <b>Mão de obra</b>  |
| Usina de reciclagem móvel de resíduos da construção civil | 50 t/h                 | <b>Mão de obra</b>  |
|   |                        | Um motorista, dois funcionários   |
|   |                        | <b>Equipamentos</b>   |

**Tabela 4 - Detalhamento dos custos para as infraestruturas previstas.**

| Tipo                     | Detalhamento  | Ecoponto (R\$) | Área de transbordo e triagem (R\$) | Aterro (R\$) | Usina fixa (R\$) | Usina móvel (R\$) |
|--------------------------|---|----------------|------------------------------------|--------------|------------------|-------------------|
| 1. Custos de implantação | 1.1 Terreno   | -              | -                                  | -            | 800.000,00       | -                 |
|                          | 1.2 Obras civis (terraplanagem, escritório, fechamento) | 50.000,00      | 55.000,00                          | 150.000,00   | 304.000,00       | -                 |
|                          | 1.3 Equipamentos  | 60.000,00      | 55.000,00                          | 100.000,00   | 565.000,00       | 1.059.300,00      |
|                          | 1.4 Móveis para escritório                              | 7.000,00       | 7.000                              | -            | 8.000,00         | -                 |
|                          | 1.5 Veículos  | -              | 150.000,00                         | -            | 500.000,00       | 400.000,00        |
|                          | Total   | 117.000,00     | 267.000,00                         | 250.000,00   | 2.177.000,00     | 1.459.300,00      |
| 2. Custos de operação    | 2.1 Mão de obra e leis sociais                          | 4.200,00       | 4.200,00                           | 4.200,00     | 25.000,00        | 6.300,00          |
|                          | 2.2 Água, energia, telefone e combustível               | 900,00         | 1.000,00                           | 2.100,00     | 12.340,00        | 2.000,00          |
|                          | Total   | 5.100,00       | 5.200,00                           | 6.300,00     | 37.340,00        | 8.300,00          |
| 3. Custos de manutenção  | 3.1 Manutenção  | 1.170,00       | 2.000,00                           | 2.500,00     | 2.700,00         | 2.700,00          |
|                          | 3.2 Depreciação   | 97,43          | 222,33                             | 208,18       | 952,00           | 1.215,16          |
|                          | Total   | 1.267,43       | 2.222,33                           | 2.708,18     | 3.652,00         | 3.915,16          |

O período escolhido para a aplicação das fórmulas e realização da análise econômica foi de 20 anos, com a aplicação da taxa de correção inflacionária de 6,3% e imposição de uma taxa mínima de atratividade de 13,75% mais impostos.

Realizados os cálculos dos custos de implantação e operação, foram aplicadas as premissas para a avaliação da análise de viabilidade.

A TIR, taxa a ser comparada com a taxa mínima de atratividade (TMA), de 13,75%, para determinar se o projeto é viável em função dos retornos obtidos, foi de 45,25%. Isso significa que o cenário 1 é viável, obtendo VLP de R\$ 18.318.030,83. O período necessário para a recuperação do capital investido é de quatro anos.

**Tabela 5 - Geração de resíduos da construção civil e receita para o horizonte de planejamento de 20 anos.**

| Ano | População estimada | Geração de RCC (t/ano) | Geração de RCC classe A (t/ano) | Empresas privadas* (m³) | Receita anual da venda do agregado (R\$) | Receita anual recepção de RCC (R\$) | Receita anual Total (R\$) |
|-----|--------------------|------------------------|---------------------------------|-------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------|
| 0   | 356.071            | 160.278,8              | 120.209,1                       | 74.987,58               | 6.439.773,21                             | 1.349.776,47                        | -                         |
| 1   | 358.101            | 160.744,3              | 120.558,2                       | 75.205,38               | 6.865.361,66                             | 1.438.979,80                        | 8.304.341,47              |
| 2   | 360.142            | 161.212,5              | 120.909,4                       | 75.424,43               | 7.293.426,91                             | 1.534.090,75                        | 8.827.517,66              |
| 3   | 362.195            | 161.683,4              | 121.262,5                       | 75.644,72               | 7.723.989,83                             | 1.635.501,36                        | 9.359.491,19              |
| 4   | 364.259            | 162.156,9              | 121.617,7                       | 75.866,27               | 8.157.071,45                             | 1.743.629,76                        | 9.900.701,21              |
| 5   | 366.335            | 162.633,1              | 121.974,9                       | 76.089,08               | 8.592.692,96                             | 1.858.921,89                        | 10.451.614,85             |
| 6   | 368.423            | 163.112,1              | 122.334,1                       | 76.313,16               | 9.030.875,70                             | 1.981.853,34                        | 11.012.729,04             |
| 7   | 370.523            | 163.593,8              | 122.695,3                       | 76.538,51               | 9.471.641,20                             | 2.112.931,35                        | 11.584.572,55             |
| 8   | 372.635            | 164.078,2              | 123.058,6                       | 76.765,16               | 9.915.011,11                             | 2.252.696,91                        | 12.167.708,02             |
| 9   | 374.760            | 164.565,4              | 123.424,0                       | 76.993,09               | 10.361.007,28                            | 2.401.727,01                        | 12.762.734,29             |
| 10  | 376.896            | 165.055,3              | 123.791,5                       | 77.222,32               | 10.809.651,70                            | 2.560.637,02                        | 13.370.288,72             |
| 11  | 379.044            | 165.548,1              | 124.161,1                       | 77.452,86               | 11.260.966,54                            | 2.730.083,30                        | 13.991.049,83             |
| 12  | 381.204            | 166.043,7              | 124.532,8                       | 77.684,72               | 11.714.974,12                            | 2.910.765,87                        | 14.625.740,00             |
| 13  | 383.377            | 166.542,1              | 124.906,5                       | 77.917,89               | 12.171.696,95                            | 3.103.431,39                        | 15.275.128,35             |
| 14  | 385.563            | 167.043,3              | 125.282,5                       | 78.152,40               | 12.631.157,70                            | 3.308.876,21                        | 15.940.033,91             |
| 15  | 387.760            | 167.547,4              | 125.660,5                       | 78.388,24               | 13.093.379,20                            | 3.527.949,71                        | 16.621.328,91             |
| 16  | 389.971            | 168.054,3              | 126.040,8                       | 78.625,43               | 13.558.384,46                            | 3.761.557,86                        | 17.319.942,32             |
| 17  | 392.193            | 168.564,2              | 126.423,1                       | 78.863,96               | 14.026.196,66                            | 4.010.666,96                        | 18.036.863,62             |
| 18  | 394.429            | 169.077,0              | 126.807,7                       | 79.103,86               | 14.496.839,16                            | 4.276.307,68                        | 18.773.146,85             |
| 19  | 396.677            | 169.592,6              | 127.194,5                       | 79.345,13               | 14.970.335,50                            | 4.559.579,38                        | 19.529.914,87             |
| 20  | 398.938            | 170.111,3              | 127.583,4                       | 79.587,77               | 15.446.709,37                            | 4.861.654,65                        | 20.308.364,01             |

RCC: resíduos da construção civil; \*volume coletado pelas empresas privadas de coleta de RCC.

**Tabela 6 - Momento de transporte de resíduos da construção civil (t.km/dia).**

| Origem / Destino                     | Altair        | Barretos      | Bebedouro     | Colina        | Colômbia      | Guaraci       | Icém          | Jaborandi     | Morro Agudo   | Orlândia      | Terra Roxa    | Viradouro     |
|--------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Altair                               | 0             | 192           | <b>216</b>    | 221           | 269           | 40            | 80            | 256           | 362           | 442           | 309           | 280           |
| Barretos                             | 5.407         | 0             | <b>3.605</b>  | 1.277         | 3.605         | 3.905         | 7.134         | 2.328         | 5.783         | 7.360         | 3.755         | 4.731         |
| Bebedouro                            | 6.787         | 4.056         | <b>0</b>      | 8.251         | 7.780         | 6.373         | 8.690         | 3.724         | 4.552         | 6.621         | 2.731         | 1.986         |
| Colina                               | 1.246         | 258           | <b>444</b>    | 0             | 902           | 960           | 1.576         | 201           | 859           | 1.160         | 487           | 659           |
| Colômbia                             | 541           | 245           | <b>469</b>    | 321           | 0             | 439           | 464           | 388           | 622           | 729           | 490           | 551           |
| Guaraci                              | 74            | 252           | <b>380</b>    | 321           | 380           | 0             | 188           | 390           | 617           | 720           | 488           | 493           |
| Icém                                 | 214           | 678           | <b>743</b>    | 757           | 643           | 264           | 0             | 850           | 1.135         | 1.328         | 992           | 914           |
| Jaborandi                            | 390           | 125           | <b>177</b>    | 56            | 305           | 317           | 494           | 0             | 197           | 277           | 76            | 133           |
| Morro Agudo                          | 3.780         | 2.140         | <b>1.501</b>  | 1.668         | 3.391         | 3.641         | 4.419         | 1.362         | 0             | 695           | 1.112         | 917           |
| Orlândia                             | 5.689         | 3.359         | <b>2.742</b>  | 2.776         | 4.901         | 5.004         | 6.375         | 2.365         | 823           | 0             | 2.193         | 1.954         |
| Terra Roxa                           | 535           | 231           | <b>152</b>    | 157           | 443           | 457           | 642           | 88            | 185           | 295           | 0             | 65            |
| Viradouro                            | 1.807         | 1.084         | <b>413</b>    | 792           | 1.825         | 1.721         | 2.203         | 568           | 568           | 981           | 241           | 0             |
| <b>Momento transporte (t.km/dia)</b> | <b>26.470</b> | <b>12.619</b> | <b>10.841</b> | <b>16.596</b> | <b>24.444</b> | <b>23.121</b> | <b>32.265</b> | <b>12.518</b> | <b>15.703</b> | <b>20.610</b> | <b>12.875</b> | <b>12.682</b> |

## Cenário 2

No cenário 2, em vez da implantação de uma ATT em cada município, foram adotados quatro polos para receber a ATT, de modo a reduzir as distâncias de transportes intermunicipais. Após análise das distâncias entre municípios, sugeriram-se para receberem as ATT as cidades de Bebedouro, Colina, Guaraci e Viradouro. Dessa forma, o custo de transporte do RCC diminuiu 41% em relação ao cenário 1. Após triagem, o resíduo seguiria para Bebedouro, onde se instalariam a usina de reciclagem de RCC e o aterro.

Os custos de implantação, operacional e de manutenção de cada infraestrutura foram representados de forma sintetizada na Tabela 8.

Realizados os cálculos dos custos de implantação e operação, aplicaram-se as premissas para a avaliação da análise de viabilidade.

A TIR, taxa a ser comparada com a TMA, de 13,75%, para determinar se o projeto é viável em função dos retornos obtidos, foi de 75,69%. Isso significa

que o cenário 2 também se apresenta viável, obtendo VLP de R\$ 29.094.983,16. O período necessário para a recuperação do capital investido foi de um ano e sete meses.

Assim como constatado no cenário 2, ao analisar a viabilidade de um potencial consórcio na Unidade Regional de São João da Boa Vista, formada por 11 municípios com até 100 mil habitantes, Marques (2019) também concluiu que implantar uma usina de reciclagem, um aterro e uma ATT num único município alcançou resultados mais satisfatórios economicamente para a formação do consórcio intermunicipal.

## Cenário 3

O cenário 3 representa a solução na qual, em vez de os municípios enviarem seus resíduos gerados, ocorre o transporte da própria recicladora entre os municípios. Assim, a recicladora seria compartilhada entre os 12 municípios. Por

**Tabela 7 – Custos das infraestruturas para o cenário 1.**

| Município        | Infraestrutura |     |       |        | Custo de implantação (R\$) | Custo de operação (R\$) | Custo de manutenção (R\$) | Custo de transporte (R\$) |
|------------------|----------------|-----|-------|--------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Altair           | Ecoponto       | ATT |       |        | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 21.317,84                 |
| Barretos         | -              | ATT |       |        | 267.000,00                 | 429.600,00              | 102.713,76                | 356.015,16                |
| Bebedouro        | Ecoponto       | ATT | Usina | Aterro | 3.411.000,00               | 647.280,00              | 118.199,28                | -                         |
| Colina           | Ecoponto       | ATT |       |        | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 43.857,79                 |
| Colômbia         | Ecoponto       | ATT |       |        | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 46.340,40                 |
| Guaraci          | Ecoponto       | ATT |       |        | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 37.524,39                 |
| Icém             | Ecoponto       | ATT |       |        | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 73.338,72                 |
| Jaborandi        | Ecoponto       | ATT |       |        | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 17.453,21                 |
| Morro Agudo      | Ecoponto       | ATT |       |        | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 148.238,91                |
| Orlândia         | Ecoponto       | ATT |       |        | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 264.019,39                |
| Terra Roxa       | Ecoponto       | ATT |       |        | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 14.131,30                 |
| Viradouro        | -              | ATT |       |        | 267.000,00                 | 184.800,00              | 57.086,28                 | 39.099,71                 |
| <b>Consórcio</b> |                |     |       |        | <b>7.401.000,00</b>        | <b>2.374.080,00</b>     | <b>654.893,40</b>         | <b>1.061.336,83</b>       |

ATT: área de transbordo e triagem.

**Tabela 8 – Custos das infraestruturas para o cenário 2.**

| Município        | Infraestrutura |     |       |        | Custo de implantação (R\$) | Custo de operação (R\$) | Custo de manutenção (R\$) | Custo de transporte (R\$) |
|------------------|----------------|-----|-------|--------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Altair           | Ecoponto       |     |       |        | 117.000,00                 | 61.200,00               | 15.209,16                 | 3.947,75                  |
| Barretos         | -              |     |       |        | -                          | 367.200,00              | 91.254,96                 | 126.088,70                |
| Bebedouro        | Ecoponto       | ATT | Usina | Aterro | 3.411.000,00               | 647.280,00              | 118.199,28                | -                         |
| Colina           | Ecoponto       | ATT |       |        | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 43.857,79                 |
| Colômbia         | Ecoponto       |     |       |        | 117.000,00                 | 61.200,00               | 15.209,16                 | 43.318,20                 |
| Guaraci          | Ecoponto       | ATT |       |        | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 37.524,39                 |
| Icém             | Ecoponto       |     |       |        | 117.000,00                 | 61.200,00               | 15.209,16                 | 26.091,66                 |
| Jaborandi        | Ecoponto       |     |       |        | 117.000,00                 | 61.200,00               | 15.209,16                 | 5.553,29                  |
| Morro Agudo      | Ecoponto       |     |       |        | 117.000,00                 | 61.200,00               | 15.209,16                 | 90.590,45                 |
| Orlândia         | Ecoponto       |     |       |        | 117.000,00                 | 61.200,00               | 15.209,16                 | 192.937,25                |
| Terra Roxa       | Ecoponto       |     |       |        | 117.000,00                 | 61.200,00               | 15.209,16                 | 6.381,88                  |
| Viradouro        | -              | ATT |       |        | 267.000,00                 | 184.800,00              | 57.086,28                 | 40.799,70                 |
| <b>Consórcio</b> |                |     |       |        | <b>5.265.000,00</b>        | <b>1.871.880,00</b>     | <b>456.758,88</b>         | <b>617.091,06</b>         |

ATT: área de transbordo e triagem.

meio do rodízio entre eles, a recicladora ficaria por determinado tempo em cada localidade, de acordo com a demanda requerida.

Em algumas regiões do país, o compartilhamento de usinas móveis para reciclagem de RCC já é uma realidade. O Consórcio Intermunicipal do Centro do Estado de São Paulo (CICESP), formado pelos municípios de Iacanga, Ibitinga, Borborema, Novo Horizonte, Tabatinga, Pongai, Itápolis e Pirajuí, em março de 2023 adquiriu uma usina móvel de reciclagem de RCC, que foi financiada pelo governo estadual por meio do Fundo Estadual de Prevenção e Controle da Poluição. Logo, cada município pode utilizar esse equipamento para beneficiar os RCC (CICESP, 2023).

O consórcio intermunicipal Três Rios, formado de dez prefeituras de cidades da região do Vale do Paraíba, também adquiriu em janeiro de 2023 uma usina móvel para processamento do RCC com capacidade para triturar até 100 toneladas por hora (SÃO SEBASTIÃO, 2023).

Para os municípios da UGRHI 12, foi previsto que a recicladora ficaria uma semana em cada cidade. Com o intuito de se conseguir o menor gasto possível com o transporte da recicladora, foi proposto um trajeto para deslocamento da usina móvel partindo de Colômbia, passando pelos outros 11 municípios (Icém, Altair, Guaraci, Barretos, Colina, Jaborandi, Bebedouro, Terra Roxa, Viradouro, Morro Agudo e Orlândia).

Como Bebedouro foi o município com o menor momento de transporte, a cidade foi selecionada para a alocação de um aterro de resíduos classe A, considerando sua posição estratégica na região. Para levantamento dos custos de transporte, considerou-se que são destinados ao aterro 10% dos resíduos gerados em cada município.

Os custos de implantação, operacional e de manutenção de cada infraestrutura em função de sua capacidade foram representados de forma sintetizada na Tabela 9.

Realizados os cálculos dos custos de implantação e operação, foram aplicadas as premissas para a avaliação da análise de viabilidade.

A TIR, taxa a ser comparada com a TMA, de 13,75%, para determinar se o projeto é viável em função dos retornos obtidos, foi de 70,16%. Isso significa

que o cenário 3 também se apresenta viável, obtendo VLP de R\$ 29.083.300. O período necessário para a recuperação do capital investido é de aproximadamente um ano e nove meses.

Os cenários propostos para formação do consórcio intermunicipal por meio do compartilhamento de infraestruturas necessárias para o gerenciamento dos RCC se mostraram viáveis. O consórcio no qual os municípios compartilhariam entre si uma ATT, uma usina de reciclagem de RCC e um aterro de RCC foi o que apresentou maior retorno do capital investido. Após 20 anos, foi possível obter o *payback* de R\$ 29.094.983,16, o que demonstra que esse tipo de arranjo pode ser vantajoso e lucrativo.

Um estudo realizado por Marques (2019) em um conjunto de municípios de pequeno porte na região de São João da Boa Vista mostrou que a reciclagem de RCC pode ser um projeto oneroso e deficitário aos cofres públicos, quando realizada individualmente pelos municípios. Entretanto, quando analisados arranjos com cooperação, a gestão compartilhada de RCC é capaz de viabilizar a implantação das infraestruturas para o gerenciamento desse resíduo.

Nicolau (2018) também concluiu que a reciclagem de RCC é uma alternativa economicamente viável para municípios com mais de 50 mil habitantes.

Em relação aos custos, é pertinente comentar que inicialmente o município despenderá um valor maior, que ao longo do tempo será compensado em função da economia de escala. Acrescenta-se que os municípios consorciados têm prioridade na obtenção de recursos de financiamentos, conforme prevê a Lei nº 12.305/2010.

## CONCLUSÕES

O estudo objetivou avaliar a viabilidade econômica de três cenários para a gestão de RCC na formação de um consórcio para os municípios pertencentes à UGRHI 12.

Nas visitas e entrevistas com gestores públicos, constatou-se que nenhum dos municípios da UGRHI 12 possui infraestrutura adequada para o gerenciamento dos RCC gerados.

**Tabela 9 – Custos das infraestruturas para o cenário 3.**

| Município        | Infraestrutura            |     |        |        | Custo de implantação (R\$) | Custo de operação (R\$) | Custo de manutenção (R\$) | Custo de transporte (R\$) |
|------------------|---------------------------|-----|--------|--------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                  | Ecoponto                  | ATT | Usina* | Aterro |                            |                         |                           |                           |
| Altair           | Ecoponto                  | ATT | Usina* | Aterro | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 2.842,35                  |
| Barretos         | -                         | ATT | Usina  | Aterro | 267.000,00                 | 429.600,00              | 102.713,76                | 47.468,69                 |
| Bebedouro        | Ecoponto                  | ATT | Usina  | Aterro | 634.000,00                 | 647.280,00              | 118.199,28                | -                         |
| Colina           | Ecoponto                  | ATT | Usina  | Aterro | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 5.847,71                  |
| Colômbia         | Ecoponto                  | ATT | Usina  | Aterro | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 6.178,72                  |
| Guaraci          | Ecoponto                  | ATT | Usina  | Aterro | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 5.003,25                  |
| Icém             | Ecoponto                  | ATT | Usina  | Aterro | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 9.778,50                  |
| Jaborandi        | Ecoponto                  | ATT | Usina  | Aterro | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 2.327,09                  |
| Morro Agudo      | Ecoponto                  | ATT | Usina  | Aterro | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 19.765,19                 |
| Orlândia         | Ecoponto                  | ATT | Usina  | Aterro | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 35.202,59                 |
| Terra Roxa       | Ecoponto                  | ATT | Usina  | Aterro | 384.000,00                 | 123.600,00              | 41.877,12                 | 1.884,17                  |
| Viradouro        | -                         | ATT | Usina  | Aterro | 267.000,00                 | 184.800,00              | 57.086,28                 | 5.213,30                  |
| -                | Usina de reciclagem móvel |     |        |        | 1.459.300,00               | 99.600,00               | 46.981,91                 | 4.637,43                  |
| <b>Consórcio</b> |                           |     |        |        | <b>8.113.300,00</b>        | <b>2.799.600,00</b>     | <b>937.144,55</b>         | <b>146.149,01</b>         |

\*Usina de reciclagem de resíduos de construção civil móvel; ATT: área de transbordo e triagem.

Dos três cenários avaliados, o cenário 2 obteve melhor desempenho econômico. A formação de um consórcio entre os municípios em que eles compartilhariam ATT e uma usina de reciclagem fixa se mostrou o mais vantajoso, pois resultou em uma TIR de 78,79%, VPL de R\$ 29.094.983,16 e *payback* de um ano e sete meses.

O cenário 3, com compartilhamento de uma usina móvel de reciclagem, também alcançou bom desempenho econômico. Apesar de ter apresentado custo de implantação maior se comparado ao cenário 2, por causa do investimento para aquisição da usina móvel, foi o cenário que apresentou menor gastos com transporte de RCC, sendo uma excelente alternativa a longo prazo. Dessa forma, foi possível demonstrar que esse modelo de gestão compartilhada pode ser viável e lucrativo.

A pesquisa evidenciou a importância de um estudo minucioso antes da implantação de um projeto de investimento. Muitas vezes, na área de gestão de resíduos sólidos, esses estudos são negligenciados, sendo a gestão implantada sem planejamento para atender às demandas da população, sem a infraestrutura necessária para um projeto desse porte. Esse planejamento é primordial, por envolver grandes quantidades de recursos, principalmente financeiros.

Considerando-se os resultados alcançados nesta pesquisa, os quais apontam positivamente para solução de gestão consorciada dos RCC, concluiu-se que é economicamente viável a formação de consórcios intermunicipais para o gerenciamento dos RCC para municípios de pequeno e médio porte.

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Gonçalves, G.H.V.: Conceituação, Curadoria de Dados, Investigação, Metodologia, Administração do Projeto, Validação, Escrita — Primeira Redação. Alves de Castro, M.C.A.: Análise Formal, Visualização, Escrita — Revisão e Edição. Castro, M.A.S.: Análise Formal, Visualização, Escrita — Revisão e Edição. Schalch, V.: Análise Formal, Visualização, Escrita — Revisão e Edição. Leite, W.C.A.: Análise Formal, Visualização, Escrita — Revisão e Edição. Rocha, L.B.G.: Escrita — Revisão e Edição. Marques Neto, J.C.: Conceituação, Análise Formal, Metodologia, Administração do Projeto, Supervisão, Validação, Visualização, Escrita — Primeira Redação.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. Os princípios no Novo Marco Legal do Saneamento Básico. In: FORTINI, C.; SALAZAR, G.; MASSARA, L.H.N.; CAMPOS, M.H.O. (org.). *O novo marco legal do saneamento básico*. Belo Horizonte: D'Plácido, 2021. p. 19-46.
- ASLAM, M.S.; HUANG, B.; CUI, L. Review of construction and demolition waste management in China and USA. *Journal of Environmental Management*, v. 264, 110445, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110445>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021*. Abrelpe, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 10.004: Resíduos sólidos – classificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- BRASIL. *Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020*. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento [...]. Brasília, 2020.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. *Diário Oficial da União*, 2002.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 448, de 19 de janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. *Diário Oficial da União*, 2012.
- CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DO CENTRO DO ESTADO DE SÃO PAULO (CICESP). *CICESP-SP ganha usina móvel de resíduos sólidos de construção civil*. CICESP, 2023. Disponível em: <https://cicesp.sp.gov.br>. Acesso em: 8 abr. 2023.
- CORRÊA, B.C.; CURSINO, D.; SILVA, G. Viabilidade de implantação de uma usina de reciclagem da construção civil na cidade de São José dos Campos/SP. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE COOPERAÇÃO UNIVERSIDADE-INDÚSTRIA, Taubaté. *Anais...*. Taubaté, 2019.
- ELISA, M.L.; NAGALLI, A. Pequenos geradores de resíduos da construção civil: prefeituras municipais e a disponibilização de informações. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 7, n. 15, p. 43-50, 2020. [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071504](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)071504)
- FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (FUNDAÇÃO SEADE). *Municípios*. Seade, 2019. Disponível em: <https://municipios.seade.gov.br/economia/>. Acesso em: 15 abr. 2022.
- GONÇALVES, G.H.V. *Diagnóstico dos resíduos da construção civil no município de Orlandia-SP como subsídio ao estudo e proposição de soluções tecnológicas*. 158f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Estimativa da população 2019*. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.
- MARQUES, E. *Proposição e análise econômica de arranjos logísticos para a gestão e reciclagem de resíduos da construção civil em consórcios intermunicipais*. 2019. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.
- MARQUES NETO, J.C. *Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição na bacia hidrográfica do Turvo Grande (UGRHI-15)*. 2009. 669f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- MARQUES NETO, J. C. *Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil*. São Carlos: RIMA, 2005. 162 p.
- MORESCO, J.M. *Análise de fatores que influenciam aspectos financeiros de implantação e operação de usinas de reciclagem de RCC*. 134f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2017.

NIAOUNAKIS, T.; BLANK, J. Inter-municipal cooperation, economies of scale and cost efficiency: an application of stochastic frontier analysis to Dutch municipal tax departments. *Local Government Studies*, v. 43, n. 4, p. 533-554, 2017. <https://doi.org/10.1080/03003930.2017.1322958>

NICOLAU, M.F. *Estudo de viabilidade econômica com concepção de projeto de usina de reciclagem de RCC classe A para municípios de pequeno porte*. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

NOVAKOWSKI, G.A.B.; TRINDADE, V.; PIOVEZANA, L. Consórcios intermunicipais para gestão de resíduos sólidos: estudo da viabilidade econômica no município de Formosa do Sul (SC). In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 7., 2017, Santa Cruz do Sul. *Anais...* Universidade de Santa Cruz do Sul, 2017.

POLLITT, C.; BOUCKAERT, G. *Public management reform: a comparative analysis-into the age of austerity*. Oxford: Oxford University Press, 2017.

PREFEITURA DE SÃO SEBASTIÃO. *São Sebastião utiliza usina móvel para reciclagem de resíduos de construção civil*. Prefeitura de São Sebastião, 2023. Disponível em: <https://www.saosebastiao.sp.gov.br/emergencia/noticia.asp?id=N142023125849>. Acesso em: 8 abr. 2023.

SÃO PAULO (ESTADO). *Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo*. CBH-PBG. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/cbhbpq/apresentacao>. Acesso em: 8 abr. 2023.

VENTURA, K.S.; SUQUISAQUI, A.B.V. Aplicação de ferramentas SWOT e 5W2H para análise e consórcios públicos intermunicipais de resíduos sólidos urbanos. *Ambiente Urbano*, v. 20, n. 1, p. 333-349, 2020. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000100378>

