



PESQUISA SETORIAL ABRECON 2020

A reciclagem de resíduos de
construção e demolição no Brasil



abrecon
Associação Brasileira para Reciclagem de
Resíduos da Construção Civil e Demolição



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo



Organizadores: S. C. Angulo; L. S. Oliveira, L. Machado

CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Pesquisa setorial ABRECON 2020: a reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil / organizadores S. C. Angulo; L. S. Oliveira, L. Machado – São Paulo : Epusp, 2022. 104 p.

ISBN 978-65-89190-10-3

DOI: 10.11606/9786589190103

1.Resíduos de construção – Reciclagem – Brasil 2.Resíduos de demolição – Reciclagem – Brasil I.Angulo, Sérgio Cirelli, coord. II.Oliveira, Lidiane Santana, pesq. III.Machado, Leonardo, pesq.

CDU 628.4.036(81)

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor: Carlos Gilberto Carlotti Junior

Vice-Reitora: Maria Arminda do Nascimento Arruda

ESCOLA POLITÉCNICA

Diretor: Reinaldo Giudici

Vice-diretor: Sílvio Ikuyo Nabeta

“Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e autoria e respeitando a Licença Creative Commons indicada.”



ABRECON: CONSTRUINDO RELAÇÕES SUSTENTÁVEIS

Nós somos a maior entidade do setor de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) do Brasil com mais de dez anos trabalhando na promoção da reciclagem de resíduos da construção, combatendo o descarte irregular e criminoso de entulho e qualificando empresas e empresários para o negócio.

Nosso compromisso está em oferecer ao mercado de usinas de reciclagem de RCD o que existe de mais moderno e sofisticado em gestão, operação e políticas, preservando nossos valores e promovendo a urbanidade e o compartilhamento de ideias.

Promover relações sustentáveis é estar ao lado do empreendimento comprometido com a preservação do meio ambiente, do município preocupado com a qualidade de vida de seus cidadãos, é trabalhar diuturnamente para levar informação e conteúdo de qualidade para nossos parceiros.

Este relatório apresenta o cenário do mercado de usinas de reciclagem de RCD entre 2019 e 2020. Nesta edição adicionamos os dados coletados com as cidades participantes do G100 (cem maiores cidades do país), transportadores de resíduos da construção, Ministério Público e Estados.

A coleta das informações pegou uma parte da pandemia de COVID-19, assim, cremos que uma porção das respostas estejam refletindo o momento de quarentena, distanciamento social e maior cuidado no relacionamento com fornecedores e cliente, embora o setor de resíduos da construção, da geração até a destinação, tenha sido preservado e ratificado como atividades essenciais pelos Estados e municípios.

É o trabalho mais completo sobre RCD e reforça o papel da Abrecon como indutora do crescimento e seguramente vetor de pontes para diversos atores da cadeia de resíduos.

O Relatório Setorial Abrecon 2020 é uma ferramenta muito poderosa para os entes públicos promoverem ações relacionadas à gestão do RCD, bem como para novos empreendedores, investidores e a academia.

O Relatório Setorial Abrecon 2020 estará disponível também em nosso canal no YouTube. Use o seu celular para buscar material complementar nas páginas que tiverem o QR CODE.

ATENÇÃO: Os dados da Pesquisa Setorial Abrecon 2020 NÃO SÃO REFERENCIAIS DE PREÇO de recepção de RCD ou de venda de agregado reciclado. Portanto, a Abrecon não recomenda a utilização dessa pesquisa para o espelhamento de preços num destinatário de resíduo da construção.



NOSSA CONTRIBUIÇÃO

A Pesquisa Setorial Abrecon é a única referência sobre resíduos da construção e demolição e o cenário das usinas de reciclagem de RCD no país nesses últimos cinco anos.

Não havia no mercado a oferta de informações sobre o número de usinas de reciclagem de RCD e, como consequência, dificilmente haveria uma noção do tamanho do negócio, impactando políticas públicas e projetos.

O fato é que a Abrecon surgiu em um momento com ausência total de informações sobre o negócio da reciclagem, especialmente sobre o movimento das usinas e até sobre o número de unidades de reciclagem de entulho no país.

Por incrível que pareça, tanto as Secretarias Estaduais de Meio Ambiente, bem como o Ministério do Meio Ambiente, não dispõem de informações confiáveis sobre o número de unidades de reciclagem de entulho no Brasil, tampouco sobre a destinação dos RCD em suas jurisdições. Como resultado disso, as cidades não entendem o fluxo dos resíduos da construção, patentemente diferente do RSU, e usam uma "lógica" insana para tentar dar fim a desorganização, ou seja, todos os elos públicos carecem de uma organização mais estratégica para lidar com os desafios na gestão dos resíduos da construção, que são cada vez mais um problema de ordem sanitária.

Nesse contexto, a Abrecon surge como um "porto seguro" para referendar o mercado de destinatários de RCD, bem como a apresentar dados, novamente de forma inédita, sobre a quantidade de agregado reciclado produzida, informações sobre os transportadores de resíduos e ouvir as Secretarias Estaduais de Meio Ambiente e as sedes dos Ministérios Públicos Estaduais sobre a questão.

O relatório deste ano traz novidades em todos os sentidos e deve ser apreciado de forma a entender os meandros do setor de usinas, as dificuldades dos órgãos públicos e o potencial do segmento. É imperioso as ações por parte do poder público, pois a grande crise sanitária vivida nos anos de 2020 e 2021 pressionam a máquina pública a racionalizar recursos, estudar e optar por medidas inteligentes e sensatas e a assistir ao cidadão na proteção à saúde e ao meio ambiente.

Os números da Pesquisa Setorial Abrecon 2020, brilhantemente produzido por uma equipe de especialistas no negócio, não devem ser usadas como referencial de preço, tanto de venda de agregado reciclado como de recepção de RCD, pois, foi construída para mostrar a realidade do setor, assim, os números apresentados não significam necessariamente o cálculo ideal, e sim o praticado.



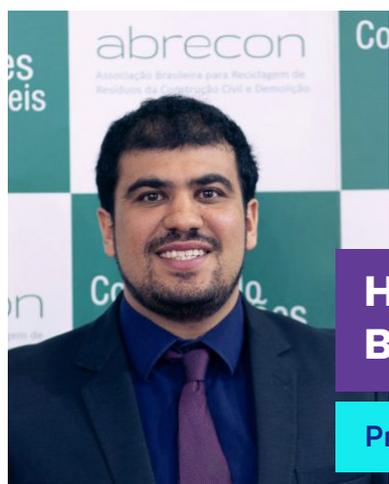


Esse projeto se junta a outros que a Abrecon tem se empenhado objetivando lastrar o mercado com informações confiáveis sobre o RCD, comportamento do setor e a aplicação do agregado reciclado. Em tempo de privações, pois a partir de março de 2020 a equipe da Abrecon passou a adotar o regime home office, destaco aqui a continuidade na coleta de informações e a construção das Diretivas Abrecon [D.A.], projeto inédito produzido inicialmente para o setor de caçambas de entulho e, logo em seguida, para as operações de transbordo e triagem, aterro e reservação, reciclagem, operação de ecopontos (PEVs), britagem móvel e demolição e desconstrução. As D.A. possuem procedimentos para a proteção do trabalhador no comando de máquinas e equipamentos, além de orientações para a quarentena de resíduos, algo que passou a ser destaque em virtude do número impressionante de resíduos com resquícios de contaminação nas caçambas estacionárias, como máscaras, luvas, roupas e objetos pessoais.

Esse relatório está sendo lançado no decênio da Abrecon e com desafios históricos. É satisfatório saber que tudo que fizemos lá no início da última década deu resultado.

Quero registrar o nosso agradecimento a todos os associados que acreditam em nosso propósito, a equipe da Abrecon e aos pesquisadores Sérgio Angulo, Lidiane Oliveira e Leonardo Machado. A Universidade de São Paulo - USP tem sido uma parceira estratégica e, seguramente, este projeto não seria apresentado sem a sua contribuição.

Use este relatório para tomar decisões assertivas. Boa leitura!



**Hewerton
Bartoli**

Presidente da Abrecon

EXPEDIENTE

Diretoria Abrecon

Hewerton Bartoli *Presidente* | R3ciclo Gestão de Resíduos

Francisco Fernandez *Vice-presidente* | SBR Reciclagem

Rafael Teixeira *Diretor* | Rafa Entulhos

Luciano Mandinga *Diretor* | Guarani Tubos

Valmir Bonfim *Diretor* | Fremix Pavimentações

Adriana Iudice *Diretora* | Riuma Ambiental

Equipe Abrecon

Levi Torres *Coordenador*

Regiane Moura *Coordenadora*

Nívea Lima *Atendimento*

Universidade de São Paulo - USP

Sérgio Cirelli Angulo *Coordenador*

Lidiane Santana Oliveira *Pesquisadora*

Leonardo Camara Machado *Pesquisador*

Projeto Gráfico (Edição e Diagramação)

Amanda Dias *Agência Sancho Comunicação*

Luciano Júnior *Agência Sancho Comunicação*

ÍNDICE

01. Introdução p. 12

1.1 Entendendo a geração de resíduos de construção p.13

1.2 Resíduos de construção e demolição: disposição irregular e as legislações ambientais p.17

1.3 Transformando resíduos da construção em agregados reciclados p.19

1.4 Demanda por agregados naturais p.24

02. Coleta de informações p. 28

03. Análise dos Resultados p. 32

3.1 Quantidade e Perfil das usinas brasileira p.32

3.2 Produção de agregados reciclados no Brasil p. 34

3.3 Distribuição geográfica das usinas no país p. 35

3.4 Tamanho dos municípios onde operam as usinas p. 38

3.5 Condições de operação p. 40

3.6 Perfil de produção de agregados reciclados das usinas p. 41

3.7 Perfil dos consumidores de agregados reciclados p. 55

3.8 Pesquisa Setorial Complementar: municípios p. 58

3.9 Pesquisa Setorial Complementar: governos e ministérios públicos p. 67

3.10 Pesquisa Setorial Complementar - transportadores de resíduos p. 74

04. Considerações finais p. 81

05. Referência Bibliográfica p. 82

Anexo p. 85



SIGLAS

E ABREVIACÕES

ABRAINCC – Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ABRECON – Associação Brasileira para a Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição

ANM – Agência Nacional de Mineração

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

A.R. – Agregado Reciclado

ATT - Área de Transbordo e Triagem

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente – Governo de Pernambuco

CTR – Controle de Transporte de Resíduos

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

PGRCC – Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil

PIB – Produto Interno Bruto

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PS – Pesquisa Setorial

RCD – Resíduo de Construção e Demolição

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

SNIC – Sindicato Nacional da Indústria de Cimento

GLOSSÁRIO

Agregado: material granular, com faixa de dimensão definida e propriedades específicas para obras de engenharia [1,2]. Pode ser natural, industrializado (produzido artificialmente), reciclado etc.

Agregado graúdo: agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm (Ex.: britas naturais em diferentes zonas granulométricas, como pedra rachão) [3].

Agregado miúdo: agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm (Ex.: areia em diferentes zonas granulométricas) [3].

Agregado natural: material granular consolidado na crosta terrestre que pode ser utilizado tal e qual como encontrado na natureza (extraído de leito de rio, seixo rolado, areia de rio), ou que pode ser submetido à lavagem, classificação (areia de cava) e/ou britagem de rochas antes do uso (pedras britadas, britas) [2].

Agregado reciclado: material granular obtido de processos de reciclagem de subprodutos da produção industrial, mineração ou construção ou demolição de edificações de concreto armado, alvenaria (cerâmica, argamassa) [2]

Agregado reciclado cimentício (ARCI): agregado reciclado obtido pela britagem de resíduos cimentícios como concretos, argamassas, artefatos de concretos. Tem coloração cinza. O resíduo não é triado em subcategorias de produtos cimentícios.

Agregado reciclado misto (ARM): agregado reciclado que contém mistura com produtos cerâmicos de coloração vermelha, presentes em componentes de construção como blocos, tijolos e telhas, solos (de qualquer natureza, argilosos). Pode incluir cerâmica branca, mas o teor limite aceito é bem restrito (<2 % da massa), porque pode apresentar reatividade álcali-silica no agregado.

Agregado reciclado de concreto (ARCO): agregado reciclado obtido pela britagem exclusiva de resíduos de concreto. Fonte de resíduo mais homogênea, obtido exclusivamente por concretos produzidos nas centrais dosadoras de concreto (como o concreto estrutural), ou outras categorias específicas de produtos cimentícios (artefatos pré-fabricados de concretos). Exclui argamassas. Pode ser obtido puro (sem presença de cerâmica, outros materiais, ou contaminações) por operações de logística reversa de produtos cimentícios.

Areia natural: agregado miúdo originado através de processos naturais (areia de rio ou de cava) ou artificiais de desintegração de rochas (areia britada ou areia de britagem), ou proveniente de processos industriais, cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm [2].

Brita ou pedra britada: agregado graúdo natural originado da cominuição mecânica de rocha [2].

Brita ou pedra britada reciclada: agregado graúdo originado da cominuição mecânica e/ou outras etapas de beneficiamento de resíduos da construção.

Pedrisco: agregado natural cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 12,5 mm e ficam retidos na peneira de malha de 4,75 mm [2].

Pedrisco reciclado: agregado reciclado oriundo de resíduos da construção cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 12,5 mm e ficam retidos na peneira de malha de 4,75 mm

Pó de pedra: material granular resultante da britagem de rocha, que passa na peneira de malha 6,3 mm [2].

Pó de pedra reciclado: material granular resultante da cominuição mecânica e/ou outras etapas de beneficiamento de resíduos da construção, que passa na peneira de malha 6,3 mm.

Rachão: material britado que passa no britador primário entre 100 e 50 mm, possuindo as mesmas dimensões da pedra de mão [1].

Rachão reciclado: material originado da cominuição mecânica e/ou outras etapas de beneficiamento de resíduos da construção que passa no britador primário entre 100 e 50 mm, possuindo as mesmas dimensões da pedra de mão

Bica corrida: material britado abaixo de 63 ou 50 mm, no estado em que se encontra na saída do britador (sem controle ou ajuste granulométrico) [4].

Bica corrida reciclada: material originado da cominuição mecânica e/ou outras etapas de beneficiamento de resíduos da construção, abaixo de 63 ou 50 mm, no estado em que se encontra na saída do britador (sem controle ou ajuste granulométrico)

Aterro controlado: local onde os resíduos são dispostos com algum tipo de controle, mas ainda não respeitando as normas ambientais brasileiras¹.

Aterro de resíduos da construção civil: área específica onde são empregadas técnicas adequadas de disposição de resíduos da construção civil, somente classe A, conforme classificação da Resolução CONAMA nº 307, e resíduos inertes no solo, visando reservar materiais segregados para uso futuro da área ou do material para a reciclagem [5].

Aterro especial ou de resíduos Classe I: área onde são dispostos resíduos considerados perigosos pela norma NBR 10.007, na construção são tintas contendo solventes e óleos (usados com metal pesado), ou aqueles contaminados oriundos de demolições como reformas e instalações industriais (cimento reforçado contendo fibra de amianto, lâmpadas com mercúrio, tubulações e tintas antigas contendo chumbo, madeira tratada com creosoto, CCA, pentaclorofenol [6,7].

Aterro sanitário: técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos (principalmente os domiciliares) no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, utilizando princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho. A fração orgânica pode ser aproveitada por compostagem. Atualmente, pela PNRS, deve-se descartar apenas rejeitos, ou seja, aqueles resíduos (misturas de resíduos) sem alternativas economicamente viáveis de reúso ou reciclagem [8].

Área de Transbordo e Triagem (ATT): 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, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente [6].

Usina de reciclagem fixa: instalação industrial situada em área definida, sendo necessário o transporte dos resíduos até o local onde se encontra a usina para processamento.

Usina de reciclagem móvel: instalação industrial que possui mobilidade, utilizadas dentro de grandes canteiros de obras ou obras de demolição, sendo os resíduos manuseados no próprio local onde são gerados.

Cooperativa: entidade geralmente sem fins lucrativos que desenvolve todo o processo de separação dos resíduos, tratamento dos materiais recicláveis e os enviam para empresas recicladoras que comercializam esses produtos [9].

Controle de Transporte de Resíduos (CTR): documento emitido pelo transportador de resíduos, que fornece informações sobre gerador, origem, quantidade e descrição dos resíduos e seu destino [10].

Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental (CADRI): instrumento que aprova o transporte e encaminhamento de resíduos até o local de destino. Terminologia proposta pela CETESB (órgão ambiental do estado de São Paulo), criada para controlar o transporte de resíduos perigosos no estado².

¹ <https://cetesb.sp.gov.br/biogas/2017/08/01/aterros-sanitarios-aterros-controlados-e-lixoes-entenda-o-destino-do-lixo-no-parana/#:~:text=Aterro%20controlado,contra%20as%20normas%20ambientais%20brasileiras.>

² <https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/outros-documentos/#1505276168403-123f1e6f-7bc3>

Manifesto do Transporte do Resíduo (MTR): documento criado recentemente pelo governo federal, para integrar a base do inventário nacional de resíduos (SINIR)³. Está em processo de implementação, sem definições muito clara de como irá operar no caso dos resíduos de construção, e se integrar a outras ferramentas e sistemas de diferentes estados. Há indícios de que será obrigatório emitir MTR para resíduos perigosos gerados na construção.

Entulho: conjunto de fragmentos ou restos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, entre outros, provenientes do desperdício na construção, reforma e/ou demolição de estruturas como prédios, residências e pontes⁴. Tipicamente é usada essa terminologia para representar uma mistura de resíduos de construção e demolição (definição abaixo), sem qualquer cuidado com triagem, tipicamente observada em áreas de descarte ilegal. A definição é bem ampla, podendo incluir resíduos volumosos, ou outros resíduos que não são típicos como pneus, lâmpadas, ou qualquer outro resíduo sólido gerado na cidade.

Resíduos de Construção e Demolição (RCD): resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, assim como os resultantes da preparação e da escavação de terrenos; tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha [11]. Neste relatório, RCD pode referir a material parcialmente ou previamente triado; ou seja, há qualquer cuidado adicional de triagem do material com vistas ao aproveitamento.

RCD cinza: resíduo de coloração cinza, composto predominantemente por resíduos de materiais cimentícios [12].

RCD misto: resíduo composto por materiais cimentícios e de cerâmica vermelha (podendo incluir também solo argiloso). Teores acima de 20% de cerâmica vermelha já configuram um resíduo misto, proporções aproximadamente iguais entre os tipos de materiais [12].

Cavaco: pequenos pedaços de madeira resultantes de trituração, usados para proteção de áreas agrícolas, de vivência de animais, paisagismo. Pode ser usado para obter briquetes prensados, que possuem maior poder calorífico e são queimados e consumidos como biomassa em caldeiras industriais.

Incineração: processo de reciclagem que visa converter os resíduos de natureza orgânica em energia através da queima dos resíduos. Pode produzir energia elétrica ou vapor. Ou pode ser um processo de tratamento de resíduos perigosos, visando diminuir o volume efetivo de resíduo a ser destinado a aterros perigosos. Na indústria de cimento a queima de resíduos em fornos é denominada coprocessamento [9].

Pátio próprio: área na empresa reservada para o armazenamento de resíduos.

³ <https://sinir.gov.br/>

⁴ <https://abrecon.org.br/>

UNIDADES

h – hora

hab – habitante

kg – quilograma

km – quilômetro

km² – quilômetro quadrado

m² – metro quadrado

m³ – metro cúbico

Mt – Mega tonelada ou milhões de toneladas = 10⁶ toneladas

t – tonelada

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor da economia que influencia diretamente no crescimento e desenvolvimento dos países, e representa por volta de 10% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, segundo a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP). Em 2019, o setor foi responsável pela geração de 15% do total de empregos formais criados no país [13].

Comparada com outras indústrias, a construção é a que mais consome recursos naturais [14,15]; dentre estes os materiais cimentícios são os mais importantes, a maior parte deste composta por agregados. A extração e consumo de recursos minerais tem se concentrado em países em desenvolvimento como China, Índia e Brasil [15]. Quanto mais um país investe em obras que atendam às necessidades de sua população, mais a economia interna é movimentada, e mais recursos naturais são consumidos.

A atividade da construção ou de renovação urbana (reformas, demolições) também gera grande quantidade de resíduos [16,17]. Resíduos da construção são gerados em todas as etapas do ciclo de vida das habitações e obras de infraestrutura. Nas atividades de mineração e de fabricação de materiais são gerados estéréis e resíduos (finos de pedra, lamas cimentícias na produção de concreto usinado, artefatos de concreto quebrados no manuseio, etc.) [18]. Nas construções, resíduos são gerados na execução das estruturas de concreto, de alvenaria, e nos diversos outros serviços [19]. Reformas são necessárias para manter os edifícios e obras de infraestrutura em uso. Demolições precisam ser feitas para renovar áreas urbanas, tendo elas atingindo ou não o final de vida útil.

Os resíduos da construção devem ser gerenciados corretamente e viabilizar a reciclagem desses materiais. Avançar na reciclagem de RCD implica em reduzir substancialmente o consumo de matérias primas naturais, além de reduzir, se coletado adequadamente, os pontos de descarte clandestino de lixo e entulho. Do ponto de vista de circularidade de recursos naturais, haverá diminuição da pressão por extração de areia, brita natural, extração clandestina e informal de agregados.

A reciclagem além de gerar inúmeros benefícios e preservar o meio ambiente, gera emprego, renda e trabalho aos envolvidos nestas atividades, reduzem custo das prefeituras na remoção dos resíduos descartados de forma clandestina e promovem a sustentabilidade nos empreendimentos.

1.1 ENTENDENDO A GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO

A geração de resíduos de construção é prevista geralmente por meio de indicadores socioeconômicos. Levantamentos realizados em diferentes municípios brasileiros indicam que a geração de resíduos de construção per capita varia de 168 a 760 kg/hab.ano [12,17,20,21], o que resulta numa mediana próxima a 500 kg/hab.ano para os municípios brasileiros.

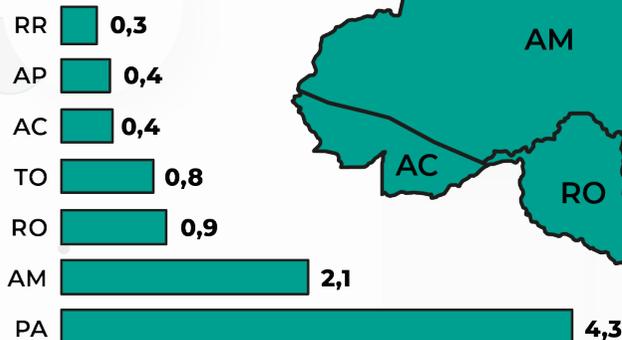
Muitos fatores influenciam no indicador de geração de resíduos de construção per capita [22,23], tais como a densidade populacional dos grandes aglomerados urbanos, que consomem mais materiais e geram resíduos para prover mais infraestrutura nas cidades, bem como parâmetros relacionados à renda da população, tais como índice de desenvolvimento humano (IDH), ao invés do PIB per capita. Porém, nenhum destes parâmetros consegue ser usado, com precisão aceitável, para realizar a previsão da geração dos resíduos de construção, havendo muita variação nos possíveis resultados. Assim, os resultados são apenas estimativas que indicam uma faixa provável desta geração e seu grau de incerteza.

Realizando a estimativa pela abordagem mais simples, usando o indicador mediano de geração de resíduos de construção de 500 kg/hab.ano, a geração de resíduos de construção no Brasil ocorre, em grande parte e de forma mais relevante, concentrada nos principais e grandes aglomerados urbanos brasileiros (Figura 1, detalhe no Anexo Geração de RCD estimada para as regiões brasileiras.).

INTRODUÇÃO

Norte

9,3 Mt/ano



Geração de RCD (Mt/Ano)

Centro-Oeste

8,3 Mt/ano



Geração de RCD (Mt/Ano)

Sul

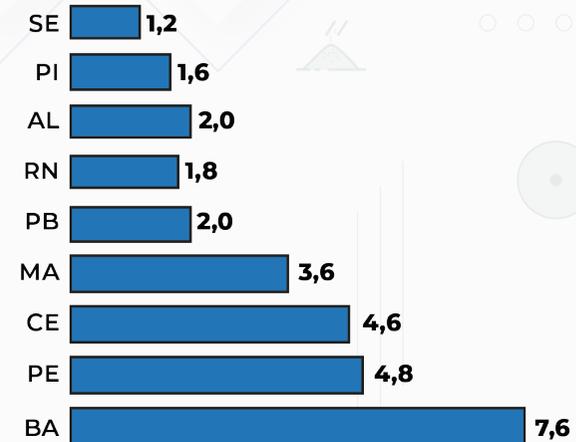
15,1 Mt/ano



Geração de RCD (Mt/Ano)

Nordeste

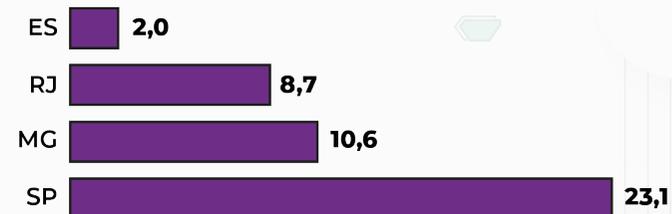
29 Mt/ano



Geração de RCD (Mt/Ano)

Sudeste

44,5 Mt/ano



Geração de RCD (Mt/Ano)

Figura 1 - A geração de RCD estimada para as regiões brasileiras. Fonte: a partir de dados de literatura e do IBGE [12,24].

O Sudeste é a região brasileira que mais gera RCD (44,5 milhões de toneladas por ano); 44,5% do total, seguido do Nordeste, Sul, Norte e Centro-Oeste. São Paulo é o estado com maior geração de RCD (23,1 milhões de toneladas por ano), 23,1% do total, seguido de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Bahia.

A estimativa nacional de aproximadamente 100 milhões de toneladas (Mt) de RCD por ano pode parecer superestimada, porque considera um indicador mediano de geração de RCD per capita de 500 kg/hab.ano, que equivale a um IDH de 0,80, ligeiramente superior ao IDH brasileiro. Porém, o indicador per capita usado não inclui o solo de escavação na estimativa, que é significativo em obras de infraestrutura (túneis, metro, redes de água e esgoto), ou para acomodar vagas de garagem em subsolos de edifícios [19,25], especialmente em grandes cidades.

Há poucos dados sobre geração de solos de escavação, e sua importância relativa na geração de resíduos de construção. Os poucos dados internacionais sugerem que a inclusão do solo urbano, em países desenvolvidos (com muitas obras de infraestrutura) pode chegar a dobrar o indicador de geração de resíduos de construção per capita (kg/hab.ano) [26].

A estimativa de geração nacional de RCD divulgada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) de 2018, de cerca de 44 Mt por ano [27], está subestimada, porque nem todo o fluxo de resíduo passa pelos gerenciadores de resíduos sólidos, ou aterros. Em alguns casos, resíduos volumosos (Figura 2) podem estar incluídos nas estimativas, que não são necessariamente resíduos da construção. A associação estima, a partir de dados coletados entre 2014 e 2018, que o total de RCD gerado no Brasil tem se mantido aproximadamente constante. A própria associação ressalta que as informações levantadas são parciais, visto que não se tem conhecimento do total de RCD gerado pelo setor [27,28]. A realidade parece estar mais próxima da primeira estimativa, como a obtida pela relação entre o IDH e geração per capita, quando analisada município a município.



Figura 2 – Mistura de RCD com resíduos volumosos (colchão, móveis, sofás). Fonte: banco de imagem da ABRECON. Evidência de desconhecimento sobre gestão de resíduos e falta de controle de triagem por parte do gerador e/ou da prefeitura.

Mesmo que toda massa de resíduo de construção seja transformada em agregados reciclados (aproximadamente 100 Mt por ano), essa quantidade não representa mais do que 20% da demanda por agregados naturais na construção [12]. A reciclagem nunca irá substituir o papel da mineração; pelo contrário, será usada em conjunto, de forma a ofertar produtos de qualidade e bom desempenho ambiental, com menores custos logísticos.

A região Sudeste concentra quase metade da população brasileira (cerca de 90 milhões de habitantes), principalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. De forma análoga, são estimadas 45 milhões de toneladas de RCD por ano, cerca de 45% de toda geração brasileira.

Com relação aos estados, 25% da população brasileira vive no estado de São Paulo (em torno de 45 milhões de habitantes). De forma análoga, estima-se que represente 23% de toda geração de RCD, cerca de 23 milhões de toneladas por ano. Os outros estados que geram quantidades expressivas de RCD são Minas Gerais, com cerca de 10 milhões de toneladas por ano, por volta de 10% do total, e Rio de Janeiro e Bahia, com cerca de 8 milhões de toneladas/ano, 8% do total cada. Juntos esses estados representam, portanto, metade do RCD gerado no Brasil.

Com relação aos grandes aglomerados urbanos, aproximadamente 12% da população brasileira (aproximadamente 23 milhões de habitantes) vive na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Além da RMSP, a Região Metropolitana do Rio de Janeiro encampa por volta de 5% do total da população (12 milhões de habitantes), enquanto a Grande BH, outros 2,5% deste total (cerca de 5 milhões de habitantes).

Temos diversos outros aglomerados urbanos com aproximadamente 3 milhões de habitantes, neste caso as Regiões Metropolitanas de Recife, Salvador, Fortaleza, Brasília, Curitiba e Porto Alegre, totalizando outros 18 milhões de habitantes (por volta de 10% da população brasileira).

Esses aglomerados urbanos juntos correspondem a 58 milhões de habitantes, cerca de 30% da população brasileira, e concentra, em áreas de pequena extensão (e, portanto, alta densidade populacional), aproximadamente 30% da geração total de resíduos (Figura 3 - quanto maior o círculo, maior a geração de resíduo). Nestas regiões, os problemas de gestão e descarte irregular de resíduos de construção são problemas mais graves.

São nos grandes aglomerados urbanos brasileiros que a maior parte do RCD se concentra. A maior parte destes concentrados estão situados na região Sudeste, mas também inclui as grandes cidades das regiões Nordeste, Sul e Centro Oeste, com densidade populacional elevada (milhares de habitantes por km²) (dados no Anexos Indicador per capita da geração de RCD dos aglomerados urbanos e Geração de RCD nos principais aglomerados urbanos.).

A parcela restante do RCD ocorre em grandes áreas de maneira mais espalhada, em locais com baixa densidade populacional. Nestes municípios de pequeno porte, a viabilidade econômica da reciclagem é menor, e carece de melhor estruturação em consórcios públicos (associação de municípios) para que a reciclagem no país avance.

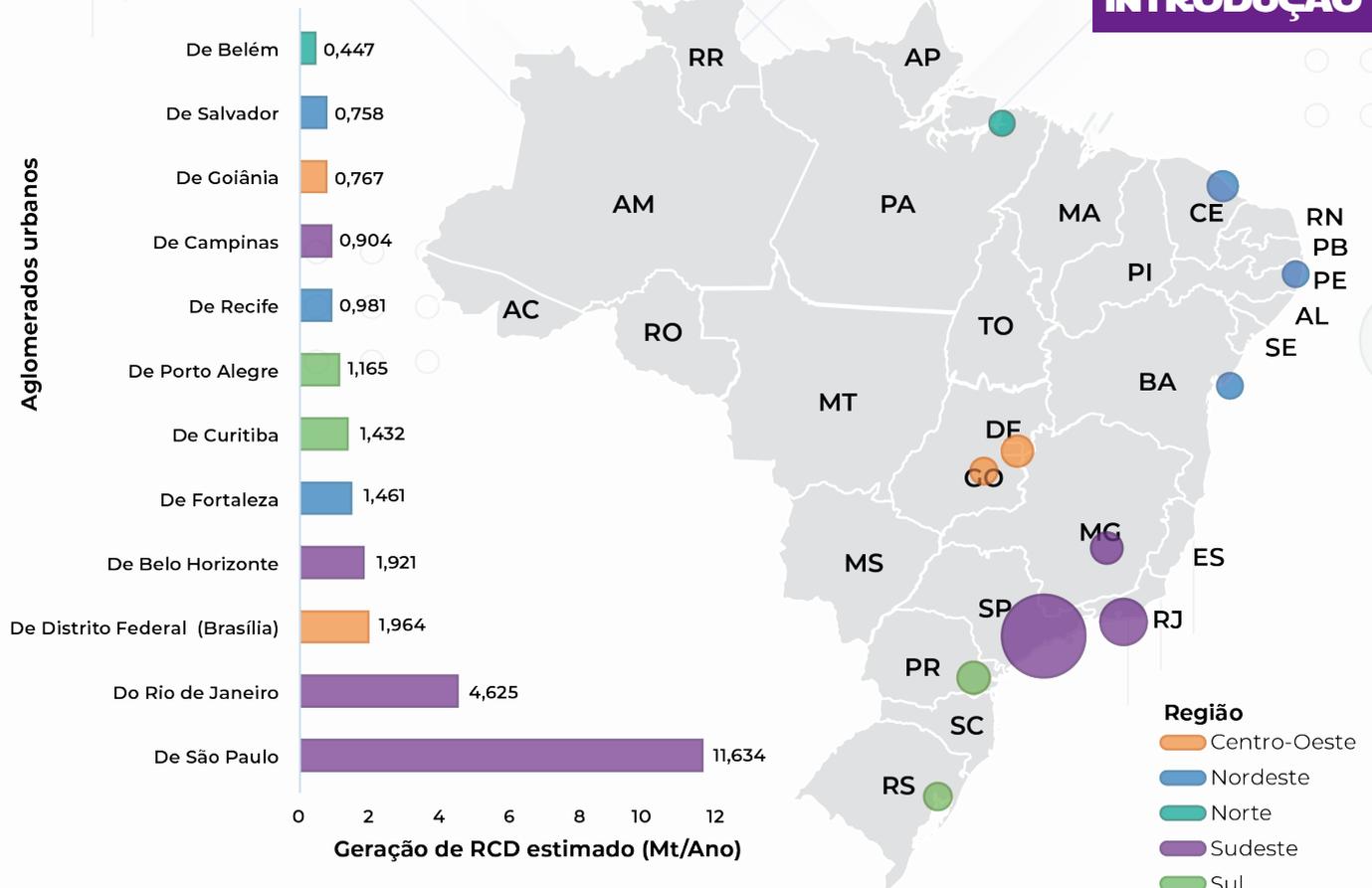


Figura 3 – Geração de RCD (Mt significa milhões de toneladas) nos principais aglomerados urbanos. Fonte: a partir de dados de literatura e do IBGE [12,28], Anexos B e C.

1.2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO: DISPOSIÇÃO IRREGULAR E AS LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS

A ausência de gerenciamento dos resíduos resulta em descarte de RCD em locais impróprios [21,29] (Figura 4). Nas cidades as disposições irregulares são encontradas em diversos locais [21], em pontos chamados “viciados”, porque mesmo limpos pelo poder público, voltam a ser local indevido de descarte. Também é comum a existência de aterros clandestinos de maior porte.

Os problemas ambientais ocasionados pelas disposições irregulares são conhecidos há anos. A massa de resíduos de construção é muito significativa; corresponde a mais da metade de resíduos sólidos gerados nas cidades [29,30]. Quando o RCD é disposto nas vias públicas, pode entupir galerias de água, causando enchentes e entupimento do sistema de águas pluviais e sanitárias. É comum o Ministério Público autuar prefeitos devido a problemas de enchentes e sua relação com a má gestão desses resíduos nas cidades. Enchentes trazem outros problemas de saúde pública, como leptospirose [31], dengue [32], que geram custos públicos elevados com saúde pública [33].

O RCD, quando disposto em aterros sem qualquer tipo de triagem, tipicamente lixivia sulfatos, provenientes do gesso de construção e de alguns elementos metálicos como ferro e alumínio, o que pode causar alterações nos padrões de potabilidade da água, ou modificar o solo local de forma que parem de apresentar os níveis requeridos para uso deste em atividades de agricultura [34,35].

Em casos mais extremos, se resíduos perigosos não forem triados previamente, pode haver contaminação do solo com metais pesados (de maior toxicidade), como chumbo em construções antigas, CCA proveniente da madeira tratada [34,36]. Fundamental é se certificar de que os poucos resíduos perigosos presentes no RCD sejam previamente e devidamente triados.



Figura 4 – Descarte irregular de resíduo de construção e demolição. A mistura é denominada “entulho”.
Fonte: banco de imagem da ABRECON – Praia de Itaparica -Vila Velha/ES.

A forma mais adequada para gerir o RCD na realidade nacional foi concebida na tese de doutorado do Dr. Tarcísio de Paula Pinto em 1999 [21]. Esse trabalho serviu de base para a implementação da Resolução CONAMA 307 [11] e suas alterações, que estabeleceu as diretrizes nacionais para a gestão do RCD.

Pela resolução, os municípios brasileiros deveriam elaborar planos integrados de gestão do resíduo, separando os pequenos dos grandes geradores. Para atender os pequenos geradores, as municipalidades deveriam realizar diagnóstico da situação local [20] e propor uma rede de pontos de entrega voluntária para captar os resíduos descartados nas ruas, tornando o descarte irregular pouco atrativo através dessa rede de captação de pequena distância. Para os grandes geradores, licenciar áreas de triagem e de reciclagem para facilitar a rede de operação adequada dos resíduos por parte do setor privado (construtoras e demolidoras). Toda essa estrutura apoiada por decretos municipais.

Em 2010, com a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305 [9], a gestão de resíduos sólidos passou a exigir a integração dos planos de gestão nacional, estadual e municipal. A versão preliminar do plano nacional de resíduos sólidos foi feita em 2012 pelo Ministério do Meio Ambiente [37], tendo como meta eliminar as disposições irregulares de resíduos de construção e demolição nas cidades, aterros clandestinos, fomentar e estimular a formalização das atividades de gestão e reciclagem. Estatísticas de geração e reciclagem deverão estar integradas e disponibilizadas no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR1. Também implementa nacionalmente o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) [38] – incluindo os resíduos da construção.

⁵ <https://sinir.gov.br/>

Pequenos municípios (com menos de 50.000 habitantes) são estimulados a se integrar em consórcios intermunicipais [9], para facilitar a implementação do descarte adequado de resíduos. No Brasil são quasetemos 4.889 pequenos municípios, num total de 5.570 municípios brasileiros [24]; ou seja, 88% dos municípios brasileiros. Foi constatado no plano nacional de saneamento básico de 2008 que as maiores dificuldades para o descarte controlado de resíduos estão justamente nessa faixa de tamanho, que possuem menos recursos e falta equipe qualificada ou especializada na questão [39]. Manuais específicos foram publicados pelo Ministério de Meio Ambiente [20] para tratar do sistema de gestão de resíduos de construção, através de consórcios municipais. É uma boa oportunidade de alavancar a reciclagem; porém, nos consórcios já implementados, são observadas dificuldades para sua operacionalização efetiva.

Com relação aos progressos da gestão de resíduos da construção no Brasil, o que se sabe é que há progressos na gestão e reciclagem em cidades com população acima de 100.000 habitantes [40], principalmente nas localidades onde a gestão de resíduos sólidos se encontra mais evoluída, contando com menos lixões, aterros sem controle. Embora existam ações espontâneas de reciclagem em diversas localidades (empresas envolvidas no transporte do resíduo, donos de áreas de transbordo e triagem), muitas vezes não há gestão pública de RCD bem estabelecida.

Em 2020, foi assinado o novo marco legal do Saneamento Básico no Brasil [41], Lei nº 14.026, que atribui à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) a competência para instruir normas para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico, e articular o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. São objeto deste marco legal determinados tipos de resíduos sólidos urbanos que o pequeno gerador não consegue gerir como os resíduos de pequenas reformas, operados pela prefeitura através dos pontos de entrega voluntária, e estabelece novas datas para a implantação de disposição final adequada de resíduos; 2021, para as regiões metropolitanas; 2022, para municípios com mais de 100 mil habitantes; 2023, para municípios entre 50 e 100 mil habitantes; e 2024, para municípios com menos de 50 mil habitantes (objeto de consórcios intermunicipais).

A gestão de resíduos de construção é tratada, portanto nos planos de gestão integradas nos diferentes municípios brasileiros, muitos destes disponíveis na internet. Informações e metas de melhoria de eficiência de gestão de resíduos de construção têm sido estabelecidas. Fundamental consultá-las, principalmente quando se há o interesse em trabalhar com a reciclagem de RCD.

1.3 TRANSFORMANDO RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO EM AGREGADOS RECICLADOS

Dados da pesquisa setorial da ABRECON tem demonstrado que, ao longo destes últimos 8 anos, a geração de RCD se manteve praticamente constante, pois o índice de geração per capita tem sido o mesmo adotado nos diferentes relatórios, e dependeu apenas dos pequenos acréscimos na população brasileira, quase tendendo a um cenário de estabilização.

Mesmo num cenário de crise econômica, a capacidade máxima de produção das usinas brasileiras veio crescendo até 2018, atingindo aproximadamente a capacidade de processar cerca de 45% de todo o RCD gerado no país (aproximadamente 45 milhões de toneladas por ano).

Porém, a produção efetiva de agregados reciclados tem sido inferior a capacidade produtiva máxima, e foi similar ao longo destes anos, não ultrapassando a marca de 20 milhões de toneladas/ano, ou seja, operando de forma relativamente constante a menos de 50% de sua capacidade. Mesmo neste cenário, as condições de operação foram suficientes para obter índices de reciclagem nacionais (volume de agregado reciclado dividido pelo volume de RCD gerado) na ordem de 15%. Esses dados são apresentados na Tabela 1. Não são índices de reciclagem elevados se comparado com os de alguns países desenvolvidos, mas similares aos alcançados por países como Portugal e Espanha.

INTRODUÇÃO

Os dados da Tabela 1 foram sistematizados a partir dos relatórios setoriais da ABRECON dos anos anteriores e das respostas do questionário 2019/2020. Foi estabelecida a faixa de produção das usinas brasileiras e os dados de produção extrapoladas considerando-se a existência de 360 usinas acumuladas no país até 2019 (320 cadastradas, mais uma estimativa de 40 usinas não identificadas, 23% a mais do total), conforme detalhado na metodologia deste relatório (dados nos Anexos Histórico de usinas reciclagem catalogadas pela ABRECON e Usinas cadastradas pela ABRECON). Vale ressaltar que esse número pode estar superestimado porque não considera as usinas que deixaram de operar, mas representa uma primeira aproximação para essas estimativas nacionais. Em 2021, a ABRECON admite a existência de 380 usinas.

Tabela 1 – Índices de reciclagem do RCD e capacidade produtiva das usinas brasileiras.

Índice	2013	2014/2015	2017/2018	2019/2020
Geração de resíduo anual (t)	100.516.000	102.225.000	103.830.000	105.073.500
Produção de AR extrapolada (t/ano)	19.830.064,50	20.712.000,00	15.679.980,00	16.944.692,00*
Índice de reciclagem (AR produzido/RCD gerado) – extrapolado	19,7%	20,3%	15,1%	16,1%
Capacidade máxima de produção de A.R. – extrapolada (t/ano)	42.191.626,60	46.026.666,67	44.799.942,86	50.487.520,00**
Capacidade máxima de reciclagem (Cap. Max/Geração RCD) – extrapolada	42,0%	45,0%	43,1%	48,0%

* Dado detalhado no Anexo **Estimativa do RCD recebido nas usinas.**

** Dado detalhado no Anexo **Estimativa da capacidade máxima de produção de agregados reciclados das usinas.**

Usinas fixas são instalações industriais situadas em área definida, sendo necessário o transporte dos resíduos até o local onde se encontra a usina para processamento. Por esse motivo, esse tipo de usina possui as mais variadas etapas de britadores e de limpeza do resíduo [42] (Figura 5), podendo processar resíduos mistos e gerar uma diversidade de tipos de agregados reciclados, inclusive de melhor qualidade, dependendo das operações de processo utilizadas. Muda a configuração para trabalhar com resíduos cinza (cimentícios) e vermelho (com mistura de cerâmica vermelha) (Figura 7). O agregado reciclado misto é geralmente destinado para sub-base de pavimento, o agregado reciclado cimentício é usado em artefatos de concreto e argamassa, entre outras aplicações.



Figura 5 – Foto ilustrativa de uma usina de reciclagem de RCD fixa. São tipicamente compostas por mesa de triagem, escalpe, britador e conjunto móvel de peneira e transportador de correias. Fonte: banco de imagem da ABRECON. Empresa Vila Recicla, Serra/ES.



Figura 6 – Foto ilustrativa de uma usina de reciclagem de RCD móvel. Costuma processar resíduos de demolição como concretos. Tem enfoque em remoção e venda da sucata de aço, possui menor controle granulométrico do material, e produz tipicamente bica corrida para pavimentação. Fonte: banco de imagem da ABRECON. Empresa R3ciclo, Rio de Janeiro/RJ.

Usinas móveis (Figura 6) são instalações industriais compactas, que possuem maior mobilidade, utilizadas dentro de grandes canteiros de obras (como as de infraestrutura) ou obras de demolição. Os resíduos são manuseados no próprio local e tem grande potencial de reduzir custos logísticos de destinação de resíduos e com aquisição de agregados [43]. Reduz impactos ambientais relativos ao transporte dos agregados.



Figura 7 – Resíduo cinza (à esquerda) constituído por uma mistura de materiais cimentícios (concretos, argamassas, artefatos como blocos de concretos). Resíduo misto (à direita) composto por mistura de cerâmica vermelha e argamassa cimentícia.

A ABRECON tem monitorado as mudanças tecnológicas ocorridas nas usinas de reciclagem no Brasil (Quadro 1). Pela associação, a 1ª Geração de usinas correspondem às usinas instaladas até 2002, quando havia um ambiente de negócio com pouca regulamentação e predominância de usinas públicas de reciclagem, produção pequena e com pouco instrumentos de operação. As usinas eram centradas na aquisição de britadores, e pouca preocupação com demais operações de processo.

De 2002 a 2010 surgiram novas gerações de usinas, marcadas pela entrada da iniciativa privada. De 2010 em diante, houve a disseminação de usinas móveis, usinas híbridas (que combinam usina fixa com móvel), introdução de mais operações de processamento em áreas de transbordo e triagem, entrada de usinas de grande porte, com maior aporte tecnológico (projetos de mesas de triagem, como ilustrado na Figura 8, sistemas de peneiras rotativas, remoção de impurezas leves por aero classificador, lavagem, diversificação de rotas de produtos). Ou seja, a parte de descontaminação do material ganhou importância, passando a ter um controle melhor da produção (instrumentação), maior diversidade e qualidade de produtos obtidos, devido ao desenvolvimento do mercado dos agregados reciclados.

Construindo
relações
sustentáveis



abrecon.org.br

ASSOCIE-SE

Dê um passo adiante para
o sucesso da sua usina



Venda mais
agregado



Suporte para a
obtenção de licenças



Acesso VIP a
eventos exclusivos

abrecon

Associação Brasileira para Reciclagem de
Resíduos da Construção Civil e Demolição

Quadro 1 – Mudanças tecnológicas ocorridas nas usinas de reciclagem no Brasil, segundo a ABRECON.

<p>1ª geração Maioria das usinas até 2002</p>	<p>Ambiente de negócio com pouca regulamentação e predominância de usinas públicas de reciclagem, produção pequena e com pouco instrumentos de operação. As usinas eram centradas na aquisição de britadores, e pouca preocupação com demais operações de processo.</p>
<p>2ª Geração A partir de 2002</p>	<p>Maior regulamentação e normatização do segmento. Crescimento de usinas ainda tímido e redução na participação relativa das usinas públicas, em relação ao total (usinas públicas e privadas)</p>
<p>3ª Geração A partir de 2010</p>	<p>Criação de controles eletrônicos do RCD, disseminação de conhecimento por meio de cursos, workshops, seminários e missões técnicas. Crescimento mais acentuado do mercado de usinas, ATTs e aterros de inertes. Avanço mais significativo da história do setor.</p>
<p>4ª Geração A partir de 2020</p>	<p>Unidades de reciclagem com maior controle da produção baseados em conjuntos mais completos de triagem e britagem, introdução de procedimentos de lavagem em algumas usinas, e sofisticação das normas técnicas, medidas de produtividade por meio de softwares.</p>



Figura 8 – Mesa de triagem removendo impurezas do RCD. São operadas em usinas de reciclagem, ou em algumas áreas de transbordo e triagem (produz agregado reciclado por simples peneiramento).
 Fonte: banco de imagens da ABRECON. Empresa SBR Reciclagem, Jundiaí/SP

A quarta geração de usinas de reciclagem de RCD reflete a necessidade em estabelecer procedimentos padronizados nas unidades de reciclagem devido à condição financeira dos empreendimentos. Junto a isso, passa a existir maior rigor na recepção dos resíduos da construção, na produtividade da usina. É uma evolução das usinas, procurando-se diferenciar no mercado, e garantir o retorno sobre o investimento.

A ABRECON tem ofertado diversos cursos e workshops voltados exclusivamente ao setor de usinas de reciclagem de RCD no sentido munir essas empresas com conteúdo técnico e de mercado estratégico. Lançou o Manual de Aplicação do Agregado Reciclado - MARE, e implementou as Diretivas Abrecon, um conjunto de recomendações da associação para todos os setores ligados à gestão do RCD, tais como o transporte, ATT, aterros de inertes, usinas de reciclagem de RCD, demolição móvel, ecoponto, britagem móvel e demolição e desconstrução.

1.4 DEMANDA POR AGREGADOS NATURAIS

O consumo de agregados naturais no Brasil apresentou considerável crescimento de 2003 a 2014, segundo dados da Agência Nacional de Mineração (ANM) (Figura 9), e decréscimo no início da crise econômica que o Brasil enfrenta desde 2014. Por ser um país em desenvolvimento com elevado déficit habitacional e com infraestrutura deficiente, é esperado que o consumo de agregados naturais volte a crescer nos próximos anos.

O consumo de agregados naturais está associado diretamente ao consumo de cimento e asfalto. No ano de 2018 a produção de cimento foi de 25,37 Mt [44] e de asfalto foi de 1,95 Mt [45]. Como estes materiais representam em média apenas 15% e 5% da composição dos produtos, respectivamente, observa-se como são significativos os volumes de agregados naturais consumidos para produção de materiais cimentícios e para pavimentação. A Figura 9 exemplifica comparativamente os consumos dos principais tipos de agregados naturais (Agência Nacional de Mineração - ANM) no Brasil entre 2001 e 2018, bem como de cimento (Sindicato Nacional da Indústria de Cimento - SNIC) e asfalto (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP).

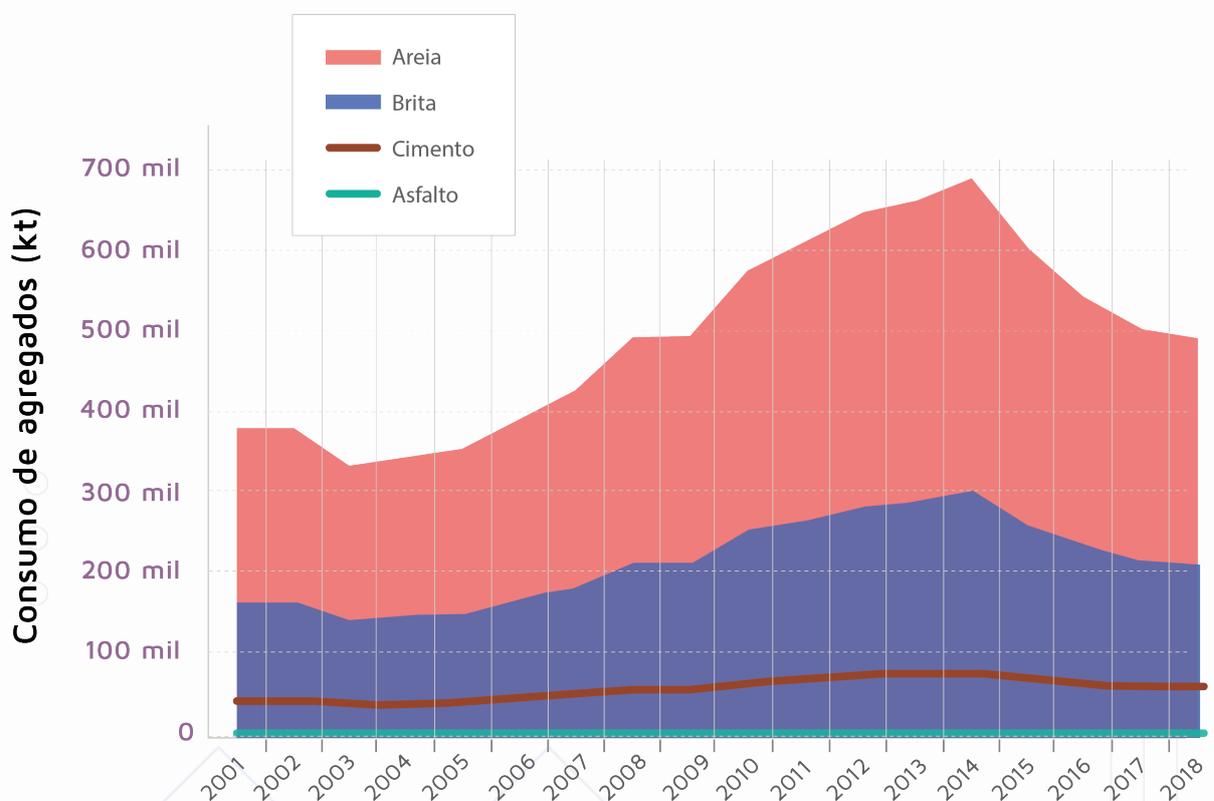


Figura 9 – Consumos estimados de agregados naturais no Brasil comparados com os consumos de cimento e asfalto. Elaborado a partir de dados da ANM, SNIC e ANP [45–47]. No ano de 2014, a demanda por agregados naturais no Brasil chegou a quase 700 milhões de toneladas.

Como a produção e consumo de materiais cimentícios estão concentradas nos centros urbanos, assim como as obras de infraestrutura e pavimentação, o consumo de agregados naturais também está centralizado nesses grandes aglomerados urbanos. Embora os recursos naturais utilizados como agregados naturais sejam abundantes e localizados em praticamente todas as regiões do globo, existem casos de escassez localizada em algumas regiões, fato que também ocorre em países estrangeiros [1,48]. No Brasil, a falta desses recursos pode ocorrer em razão das características geológicas da região, pela redução da disponibilidade local de minerais com características adequadas, ou mesmo por restrições ambientais para extração do mineral.

Embora o consumidor queira matérias-primas adequadas para suas aplicações a preço baixo, ninguém deseja ter pedreiras ou grandes mineradores de areia natural como vizinhos (NIMBY - not in my back yard). Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) as autorizações ambientais para operar mineradoras são para regiões cada vez mais distantes do mercado consumidor e dos centros urbanos.

É de conhecimento que a areia natural de construção na RMSP chega a ser transportada por distâncias de até 150 km [1,49]. Na Região Metropolitana de Porto Alegre, em meados de 2010, foi proibida a extração da areia natural no rio Jacuí devido ao aumento da extração ilegal da areia natural nas margens desse rio, e a restrição ambiental provocou uma crise no setor da construção na busca por esse insumo [50].

No Acre não existem jazidas de rocha em condições de exploração para produção de brita, sendo necessário o transporte desse insumo do estado de Rondônia, onde a distância de transporte pode variar entre 250 km e 512 km [51,52]. O estado do Amazonas apresenta problema semelhante, sendo que as matérias-primas para produção da brita estão localizadas a distâncias superiores a 200 km dos grandes centros populacionais [53]. Em razão da disponibilidade na região, o estado de Roraima também possui um dos preços mais elevados por metro cúbico de brita no país [54].

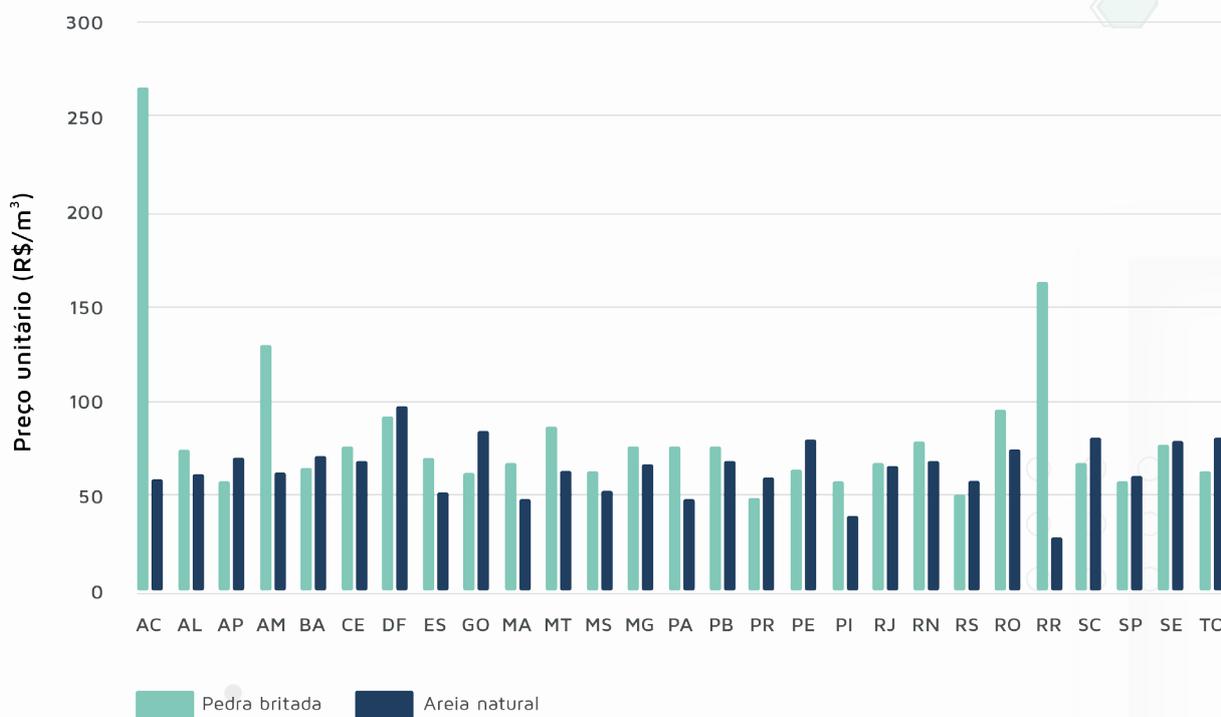


Figura 10 – Preços médios por metro cúbico de areia natural e pedra britada por estado referente a janeiro de 2020. Elaborado a partir de dados do SINAPI da Caixa Econômica Federal [55].

O aumento das distâncias de transporte resulta no aumento dos preços unitários dos minerais areia e brita naturais, uma vez que a composição dos preços desse produto é fortemente influenciada pelo valor do frete (custo logístico com o transporte). O aumento do preço dos agregados naturais estimula a aquisição de areia natural de fornecedores informais que cometem crime ambiental na extração do produto. A Figura 10 apresenta a variação dos preços médios de agregados naturais por estado, sem considerar o custo com frete [55]. Observa-se que os maiores preços unitários da brita referem-se aos estados que precisam importar esse material de outros estados, Acre e Amazonas. No Brasil, estima-se que cerca de 60% da areia natural consumida seja extraída de forma irregular [56].

A Tabela 2 apresenta os preços médios da brita natural e da areia natural (sem considerar custos com frete) junto com o PIB per capita de cada estado. Nas regiões Sul e Centro-Oeste o aumento do PIB per capita está relacionado com os maiores preços médios unitários de areia e brita naturais. Porém, essa relação não é observada nas outras regiões, que dependem da disponibilidade do material na região.

Tabela 2 – PIB per capita e preços de e brita e areia naturais por estado. Fonte: (CAIXA, 2020; IBGE, 2017).

Região	Estados	População (em habitantes)	PIB per capita (R\$)	Preço médio da areia (R\$/m ³)	Preço médio da brita (R\$/m ²)
Sudeste	São Paulo (SP)	46.289.333	47.068,06	60,52	57,93
	Minas Gerais (MG)	21.292.666	27.450,79	66,36	76,12
	Rio de Janeiro (RJ)	17.366.189	40.186,24	66,32	67,40
Nordeste	Bahia (BA)	14.930.634	17.698,16	71,48	65,13
	Pernambuco (PE)	9.616.621	19.182,91	79,34	64,28
	Ceará (CE)	9.187.103	16.421,20	67,50	76,10
	Maranhão (MA)	7.114.598	12.789,41	48,17	67,66
	Paraíba (PB)	4.039.277	15.515,32	68,92	76,10
	Rio Grande do Norte (RN)	3.534.165	18.378,89	69,00	78,69
	Alagoas (AL)	4.039.277	15.667,20	61,75	75,26
	Piauí (PI)	3.281.480	14.099,15	40,02	57,93
	Sergipe (SE)	2.318.822	17.838,64	78,75	76,64
	Sul	Paraná (PR)	11.516.840	37.366,82	60,11
Rio Grande do Sul (RS)		11.422.973	37.514,32	58,08	51,09
Santa Catarina (SC)		7.252.502	39.716,43	81,18	67,94
Norte	Pará (PA)	8.690.745	18.582,33	48,42	76,10
	Amazonas (AM)	4.207.714	22.994,44	63,58	130,46
	Rondônia (RO)	1.796.460	24.215,68	74,88	95,12
	Tocantins (TO)	1.590.248	22.083,10	81,31	63,43
	Acre (AC)	894.470	17.201,94	59,76	266,36
	Amapá (AP)	861.773	19.410,44	71,00	57,93
	Roraima (RR)	631.181	23.426,46	28,59	163,07
	Centro-Oeste	Goiás (GO)	7.113.540	28.354,84	84,58
Distrito Federal (DF)		3.055.149	80.502,47	97,07	92,19
Mato Grosso (MT)		3.526.220	38.109,54	63,08	86,97
Mato Grosso do Sul (MS)		2.809.394	35.621,94	52,92	62,62

A estratégia para reduzir o consumo de insumos extraídos de forma irregular, assim como para reduzir o consumo de agregados naturais, em especial aqueles que estão disponíveis a longas distâncias dos centros consumidores, é usar os agregados reciclados, aumentando a circularidade de matérias-primas secundárias no setor. Os agregados reciclados oriundos da reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD) atualmente já são usados em serviços de pavimentação (Figura 11) e em diversas obras em quase todas as fases da construção.

Em todo sistema produtivo procura-se fechar o ciclo ao máximo com insumos reciclados (ou circulares). Além da redução da extração de minerais naturais, o consumo de materiais secundários pode contribuir para a redução do consumo de recursos naturais e de combustíveis fósseis, assim como para a diminuição das emissões de material particulado e CO₂ resultantes das etapas de extração e transporte dos minerais naturais. Além disso, evita o uso de áreas de aterros, que são escassos em áreas urbanas. Há também redução de custos na gestão e disposição de resíduos e na construção, que passa a ter oferta de agregados com menor custo logístico.



Figura 11 – Fotos ilustrativas dos agregados reciclados mistos (com cerâmica vermelha) e cinzas (com materiais cimentícios) (acima) e sua aplicação em base de pavimentação (abaixo). Fonte: banco de imagem da ABRECON.

2. COLETA DE INFORMAÇÕES

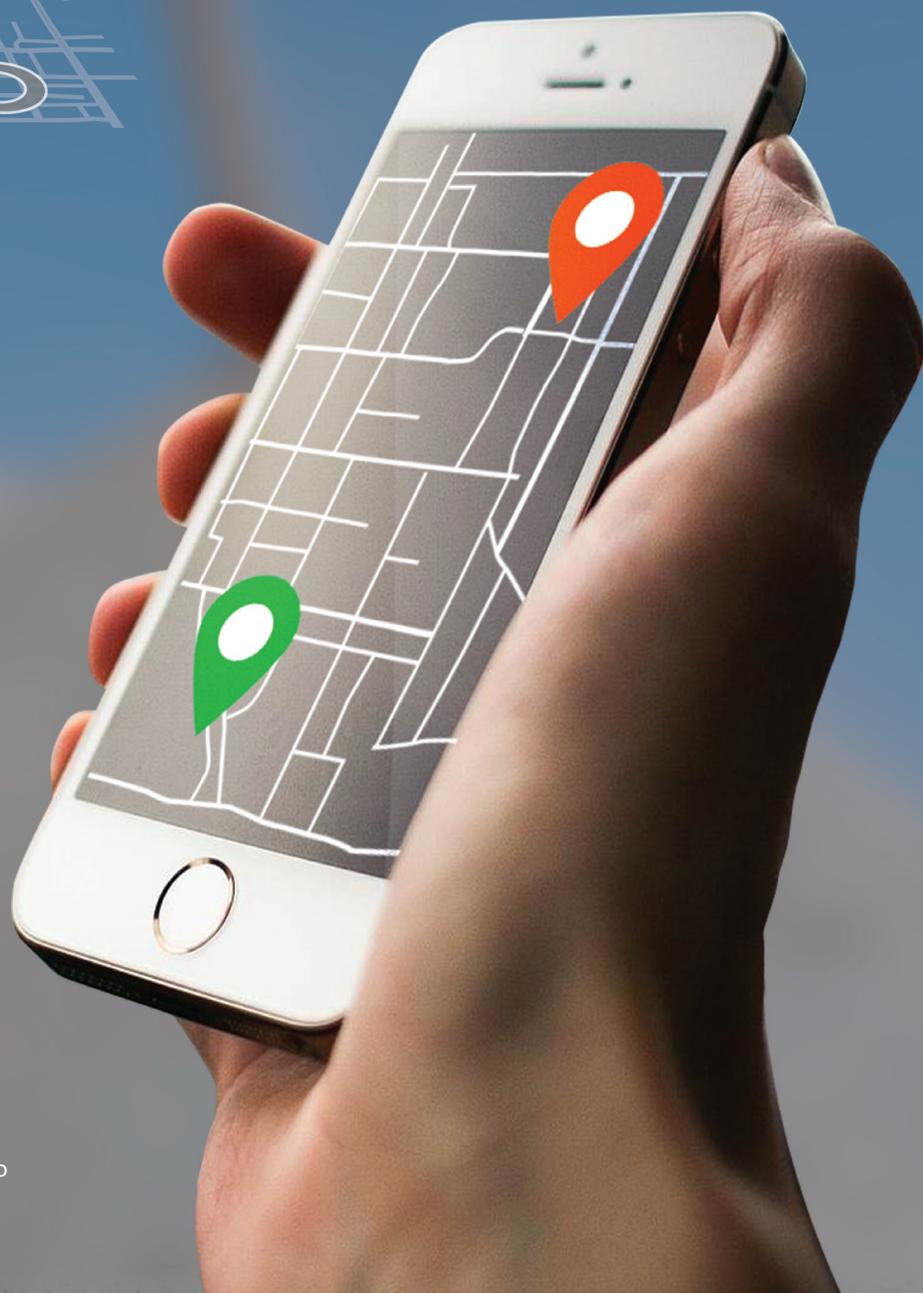
A Pesquisa Setorial 2019/2020 foi realizada adotando-se metodologia de coleta de informações similar às pesquisas setoriais realizadas nos anos anteriores, porém ampliando-se o escopo de levantamento das informações. Foi realizada uma pesquisa envolvendo o levantamento de informações qualitativas ou quantitativas, aplicando-se três questionários temáticos diferentes (com usinas de reciclagem, com transportadores de resíduos de construção, e com entidades de governos). Estes questionários foram desenvolvidos pela própria ABRECON e disponibilizados on-line, usando a ferramenta Google Formulários.

O questionário sobre usinas de reciclagem de RCD aplicado nesta Pesquisa Setorial 2019/2020 foi composto por 48 perguntas, entre questões abertas e de múltipla escolha. Os temas das perguntas envolveram os seguintes tópicos:

- Identificação e localização do empreendimento, contato do entrevistado;
- Situação do empreendimento (ex.: em operação, em implementação, ou paralisada);
- Faturamento médio mensal;
- Tempo de atuação no mercado e que trabalha com reciclagem de RCD;
- Pertencimento ou não a grupo de empresas;
- Existência de Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (PGRCC) no município;
- Número de colaboradores;
- Tipo e modalidade de negócio (ex.: pública, privada);
- Modelo da usina (ex.: móvel, fixa);
- Área do terreno do empreendimento;
- Capacidade máxima de produção;
- Volume médio produzido e comercializado por mês;
- Sistema de controle de qualidade adotado
 - processo usado para triagem do RCD,
 - avaliação da qualidade do material recebido,
 - frequência de realização de ensaios técnicos,
 - política de recebimento para resíduos não triados (sujeitos);
- Caracterização do material de entrada e do material de saída
 - tipos de resíduos que recebe,
 - produtos que produz,
 - quantidade de RCD e rejeitos recebidos por mês
- Valor cobrado para recebimento do RCD;
- Valor médio do agregado (graúdo e miúdo) reciclado produzido;
- Dificuldades para receber RCD;
- Identificação dos maiores geradores de RCD;
- Maior dificuldade de venda do agregado reciclado;
- Identificação dos maiores clientes;
- Pretensão de ampliação do negócio nos próximos anos;
- Participação em associações ou sindicatos;
- Opinião sobre o que deveria ser feito para melhorar o processo, o produto e a venda de agregado reciclado.

ACESSE O MAPA E ENCONTRE A USINA MAIS PRÓXIMA DA SUA OBRA.

mapa.abrecon.org.br



abrecon

Associação Brasileira para Reciclagem de
Resíduos da Construção Civil e Demolição

+50 APLICAÇÕES



AGREGADO RECICLADO
EM TODAS AS OBRAS
DE PAVIMENTAÇÃO



ADQUIRA JÁ O MARE

O Manual de Aplicação do Agregado Reciclado é o único catálogo do produto com exemplos de utilização, normas técnicas atinentes a cada aplicação, vídeos e padronização da nomenclatura.
É único, exclusivo, é Abrecon.

ACESSE NOSSO SITE
abrecon.org.br

abrecon

Associação Brasileira para Reciclagem de
Resíduos da Construção Civil e Demolição

MATÉRIAS-PRIMAS
SUSTENTÁVEIS

A Pesquisa Setorial 2019/2020 analisou os resultados fornecidos por 113 usinas de reciclagem de RCD brasileiras, quantidade similar à obtida na Pesquisa Setorial anterior (2017/2018). Não foram consideradas entradas duplicadas de dados, respostas fora do padrão esperado que indicassem falta de entendimento da pergunta, falhas de digitação ou campos em branco, de modo a assegurar a melhor representatividade e veracidade dos resultados.

A ABRECON estima em 2021 que exista 380 usinas de reciclagem de RCD. Como mais de 100 usinas responderam os questionários desta quarta edição do relatório setorial, estima-se que a amostra represente 30% das usinas brasileiras. O dado é considerado representativo para retratar essa realidade de mercado. Em cada tipo de pergunta e análise realizada a seguir será apresentado o número de respostas válidas, situação que varia em função do tipo de pergunta feita.

Já o questionário enviado às empresas transportadoras aplicado nesta Pesquisa Setorial 2019/2020 foi composto por 29 perguntas, entre questões abertas e de múltipla escolha. Os temas das perguntas envolveram os seguintes tópicos:

- Identificação e localização do empreendimento, contato do entrevistado;
- Quantidade de caminhões e caçambas que a empresa possui;
- Volume de resíduos transportado, sem pré-definir o período de análise (mensal, anual);
- Serviços que são prestados pela empresa;
- Destino do entulho coletado;
- Ocorre entrega de uma via do Controle de Transporte de Resíduos (CTR) ao cliente;
- Valor cobrado para locação de caçamba estacionária;
- Existência de diferenciação de valores para coleta na caçamba de resíduo sujo (misturado), perigoso ou contaminante;
- Notificação do gerador do resíduo sobre sua destinação;
- Problemas mais frequentes na locação da caçamba estacionária.

A pesquisa junto às transportadoras de resíduos analisou os resultados fornecidos por 71 empresas brasileiras. É a primeira vez que essas informações foram levantadas. Não foram consideradas entradas duplicadas de dados, respostas fora do padrão esperado que indicassem falta de entendimento da pergunta, falhas de digitação ou campos em branco, de modo a assegurar a melhor representatividade e veracidade dos resultados.

Os questionários enviados aos estados, cidades e Ministérios Públicos aplicados nesta edição da Pesquisa Setorial 2019/2020 foram compostos por 07 perguntas no total (nem todas aplicadas a todos os órgãos), constando apenas questões de múltipla escolha. Os temas das perguntas envolveram os seguintes tópicos:

- Destino dos RCD coletados – estado e cidades;
- Existência de Plano de Gerenciamento de Resíduos – estado, cidades e Ministério Público;
- Utilização de agregado reciclado de RCD em obras públicas – cidades;
- Possui aterros clandestinos ou irregulares que recebam RCD – estados e cidades;
- Existência de política de incentivo ao uso de agregado reciclado ou política de combate ao descarte irregular de entulho – cidades;
- Existência de denúncias atinentes à gestão do RCD nos anos de 2018 e 2019 – Ministério Público;
- Aplicação da Resolução 307 do CONAMA (Lei nº 12.305/2010) – Ministério Público.

A pesquisa junto aos governos analisou as respostas disponibilizadas pelos 26 estados e pelo Distrito Federal e pelos 27 Ministérios Públicos, e de 92 cidades localizadas em todas as regiões do Brasil. Essa pesquisa não foi realizada nas edições anteriores, sendo a primeira vez que esse levantamento ocorre junto a esses órgãos e é apresentado.

3. RESULTADOS

3.1 QUANTIDADE E PERFIL DAS USINAS BRASILEIRAS

Até meados do ano 2003, o número de usinas instaladas por ano não ultrapassava cinco (Figura 12). A maior parte das usinas eram públicas, não ultrapassando um total acumulado de 20 usinas em todo o Brasil. A partir desse ano, houve um crescimento significativo do número de usinas instaladas por ano até 2013, quando este número chegou a 25 usinas instaladas por ano (cerca de 5 vezes superior), resultado direto da participação do setor privado no negócio da reciclagem de RCD. A partir deste ano, as usinas do setor privado passaram a representar grande parte das usinas brasileiras, e as iniciativas públicas ficaram restritas a menos de 30% do total de usinas.

De 2013 em diante foi observada uma redução na quantidade de usinas instaladas por ano, fruto da crise econômica que atingiu todos os setores da economia brasileira; em especial o industrial. Em 2019, o total acumulado de usinas que possui contato direto com a associação foi superior a 300 usinas, sendo 1/3 públicas (perto de 100 usinas) e 2/3 privadas (aproximadamente 200 usinas) (Figura 12) (dados no Anexo Histórico de usinas reciclagem catalogadas pela ABRECON). Em 2019, foi estimado que no Brasil o total de usinas chegue a aproximadamente 360 unidades de reciclagem (Anexo Usinas cadastradas pela ABRECON), superior ao total aqui apresentado (320 usinas cadastradas), pois nem todas as usinas mantêm contato direto com a associação (estimativa de 40 usinas, 23% a mais do total).

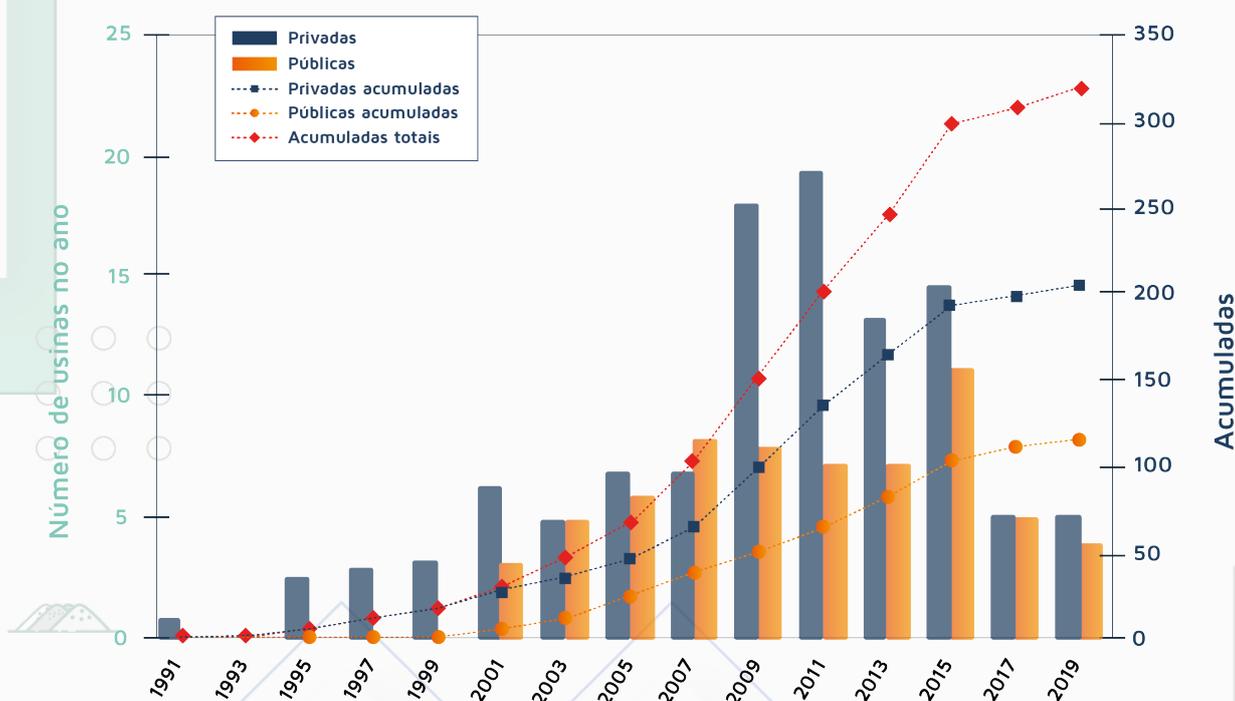


Figura 12 – Histórico da implementação de usinas de reciclagem (privadas e públicas) de RCD no Brasil. Elaborado a partir de dados desta pesquisa ABRECON e de outros relatórios setoriais prévios. As barras se referem ao número de usinas no ano e os valores devem ser lidos com o eixo vertical à esquerda. As linhas se referem ao número de usinas acumuladas no ano e os valores devem ser lidos no eixo vertical à direita.

Os dois tipos mais comuns de usinas de reciclagem de RCD, fixa e móvel, foram definidos no item Transformando resíduos da construção em agregados reciclados. Cerca de 2/3 das usinas brasileiras catalogadas pela ABRECON são fixas (quantidade acumulada de aproximadamente 200 usinas), e apenas 1/3 são móveis (cerca de 100 usinas) (Figura 13 - dados no Anexo Histórico de usinas reciclagem catalogadas pela ABRECON). Nem todas as usinas móveis estão dedicadas exclusivamente a produção de agregados reciclados. Muitas operam também em pedreiras, gerando agregados naturais. E nem sempre operam de forma intermitente.

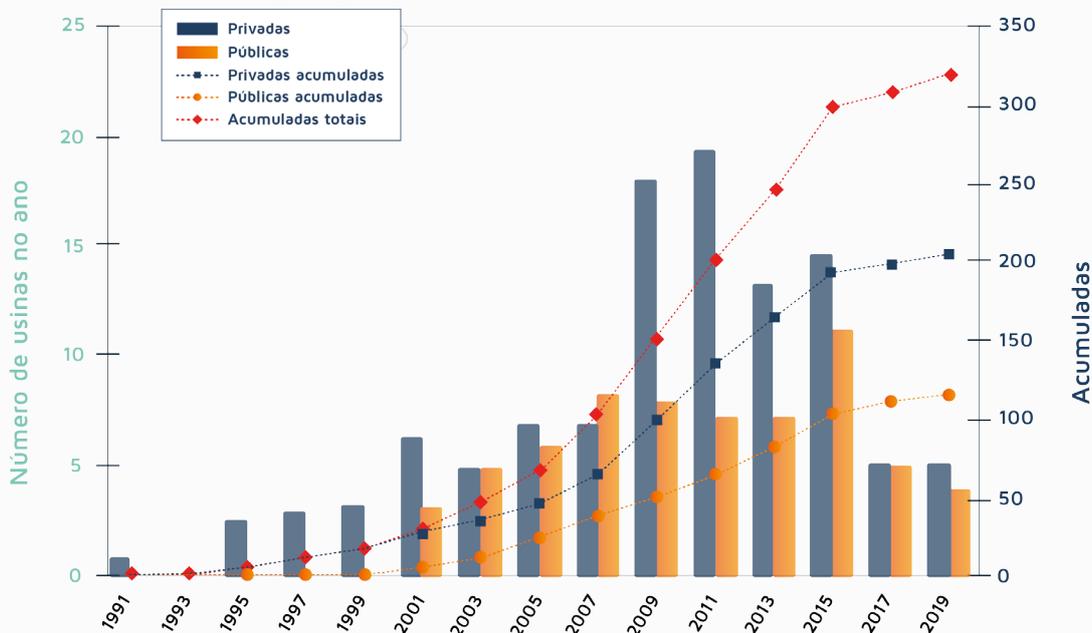


Figura 13 – Histórico da implementação de usinas de reciclagem fixas e móveis de RCD no Brasil. Elaborado a partir de dados desta pesquisa ABRECON e de outros relatórios setoriais prévios. As barras se referem ao número de usinas no ano e os valores devem ser lidos com o eixo vertical à esquerda. As linhas se referem ao número de usinas acumuladas no ano e os valores devem ser lidos no eixo vertical à direita.

Com relação às usinas, há maior predominância de usinas privadas (Figura 14). O número de usinas públicas e pública-privada voltou a crescer, indicando um aumento da atuação do poder público. Com relação às usinas, há maior predominância de usinas privadas (Figura 14). O número de usinas cresce, talvez porque permita maior flexibilização de atuação no mercado.

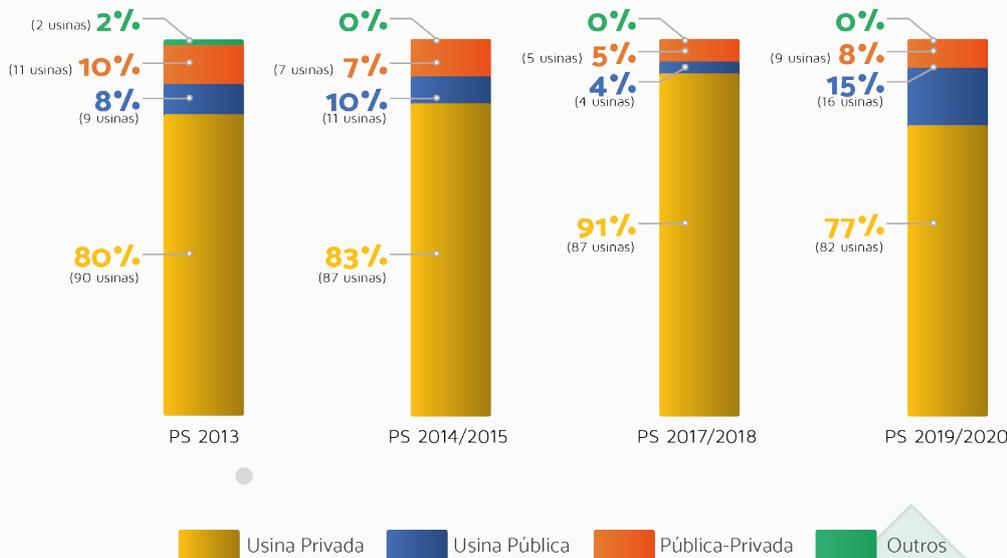


Figura 14 – Perfil das usinas de reciclagem de RCD (privada, pública ou pública-privada) no Brasil ao longo dos anos. Em cinza entre parênteses é apresentado o número de usinas nacionais que responderam aos questionários. Na PS 2019/2020, 06 empresas não responderam a essa questão.

3.2 PRODUÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS NO BRASIL

A produção nacional de agregados reciclados vem oscilando entre 16 e 21 milhões de toneladas por ano (Figura 15). A capacidade máxima instalada de produção das usinas vem crescendo, subindo de 42 para 50 milhões de toneladas por ano.

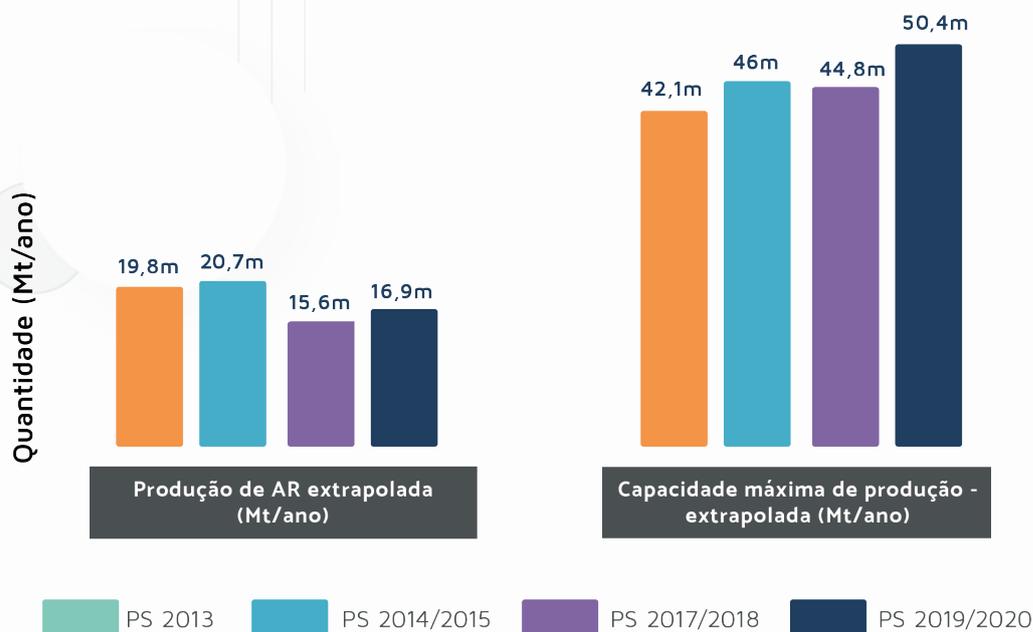


Figura 15 – Produção dos agregados reciclados e a capacidade máxima das usinas instaladas no Brasil, em milhões de toneladas.

Os índices de reciclagem nacionais vêm oscilando entre 15 e 20% (Figura 16 – dados no Anexo Estimativa do índice de reciclagem e capacidade instalada de produção das usinas brasileiras). A capacidade instalada das usinas, ou seja, considerando a máxima condição de produção possível, vem crescendo. Nestes últimos anos as usinas existentes são capazes de processar 48% do resíduo gerado no Brasil. Mesmo num cenário de crise acentuada, quantidades expressivas de agregados reciclados têm sido produzidas nas usinas de reciclagem.

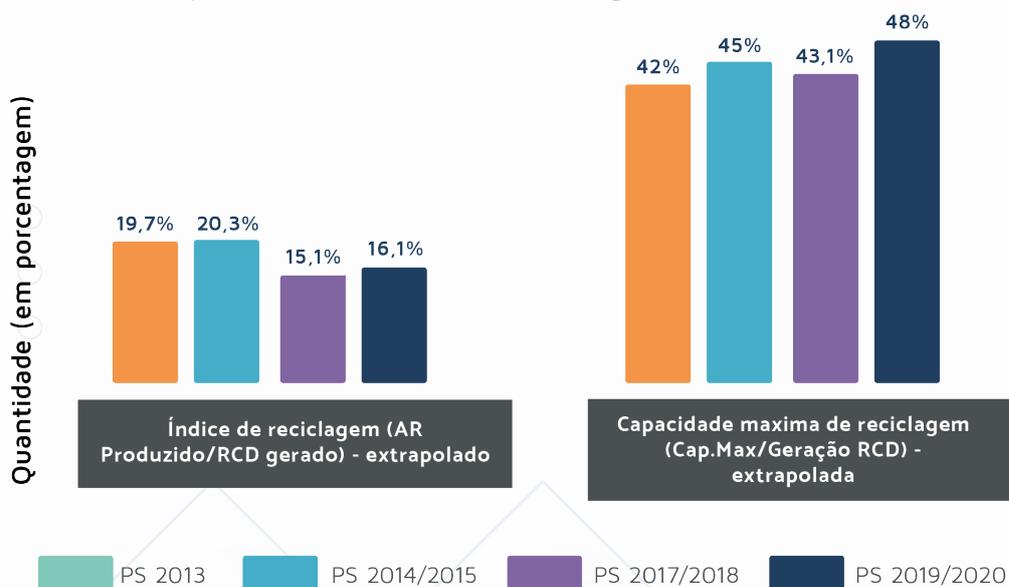


Figura 16 – Índices de reciclagem (Produção de agregado reciclado/Geração de RCD, em porcentagem) e a capacidade instalada (Capacidade máxima instalada/Geração de RCD).

3.3 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS USINAS NO PAÍS

A Figura 17 (dados nos anexos Geração de RCD estimada para as regiões brasileiras., Estimativa da capacidade máxima de produção de agregados reciclados das usinas e Estimativa do RCD recebido nas usinas) apresenta a geração de RCD por regiões, bem como a capacidade máxima produtiva instalada e a produção efetiva de agregados reciclados em cada região.

Na região Sudeste, as usinas são capazes de processar 70% do resíduo gerado. A produção média de agregados reciclados na região foi de aproximadamente 10,8 Mt de agregados/ano. Nestes últimos 2 anos o índice de reciclagem estimado foi 25% do resíduo gerado.

Na região Sul, as usinas de reciclagem podem processar até 30% do resíduo gerado, inferior à da região Sudeste. A produção média de agregados reciclados na região foi 3,2 Mt/ano, inferior à da região Sudeste em termos absolutos. Mas em termos relativos o índice de reciclagem foi similar ao da região Sudeste, cerca de 20%, indicando o mesmo nível de desenvolvimento de mercados para produtos reciclados. São regiões onde os índices de reciclagem e desenvolvimento de mercado para produtos reciclados estão mais avançados no Brasil.

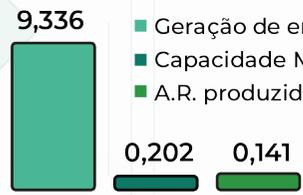
A região Centro-Oeste tem uma geração de RCD bem inferior à das regiões Sudeste e Sul. Especificamente nessa região, as usinas instaladas são capazes de processar até 46% do RCD gerado na região. Porém, a produção de agregados reciclados, em termos absolutos, foi bem inferior às regiões Sudeste e Sul, 0,9 Mt/ano. No Centro-Oeste o índice de reciclagem estimado ficou em torno de 11%, também inferior aos das regiões Sul e Sudeste.

A região Nordeste é a segunda região brasileira em termos de geração de RCD. Possui baixa capacidade instalada para processar agregados reciclados, capaz de processar apenas 34% do RCD gerado, e é a região que mais carece de implantação de usinas de reciclagem no contexto brasileiro. A produção absoluta de agregados reciclados foi de 1,9 Mt/ ano, com índice de reciclagem estimado de aproximadamente 7%, sendo também uma região que carece de maior desenvolvimento de mercado para os produtos reciclados.

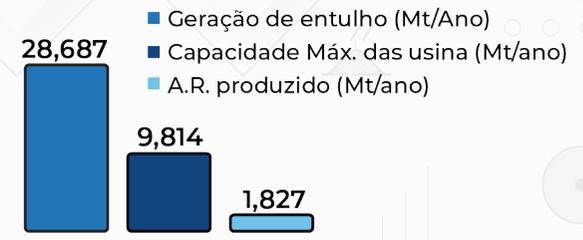
Há grandes oportunidades de mercado para os agregados reciclados na região Norte, pois alguns estados sofrem com custos elevados e carência no fornecimento de agregados naturais. A capacidade instalada das usinas ainda é pequena, com capacidade de processar 2% do RCD gerado. O índice de reciclagem estimado foi cerca de 2%.

As melhores oportunidades para investimento e implantação de usinas e desenvolvimento de mercado para produtos reciclados estão nas regiões Sul e Sudeste, justamente pelo fato de a maioria das cidades terem avançado em gestão e políticas de combate ao descarte irregular de entulho, incluindo normas sobre o estoque e transporte dos resíduos. As regiões Norte e Nordeste não dispõem das mesmas condições, ou seja, o estímulo ao setor é menor e os problemas relacionados ao descarte clandestino de lixo e entulho são mais expressivos.

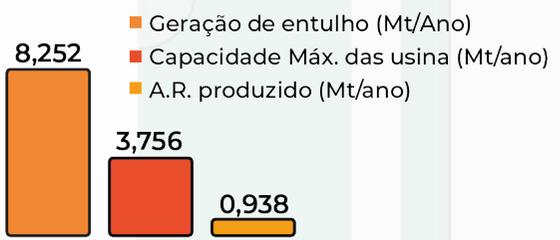
RESULTADOS



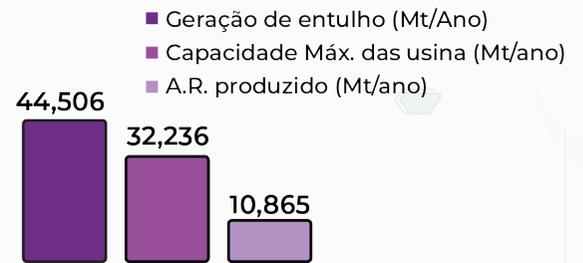
Norte



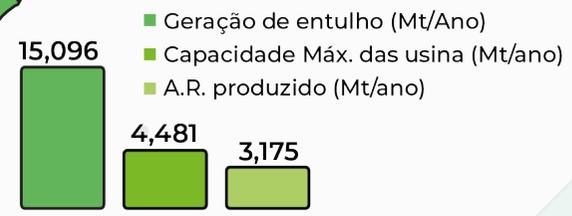
Nordeste



Centro-Oeste



Sudeste



Sul

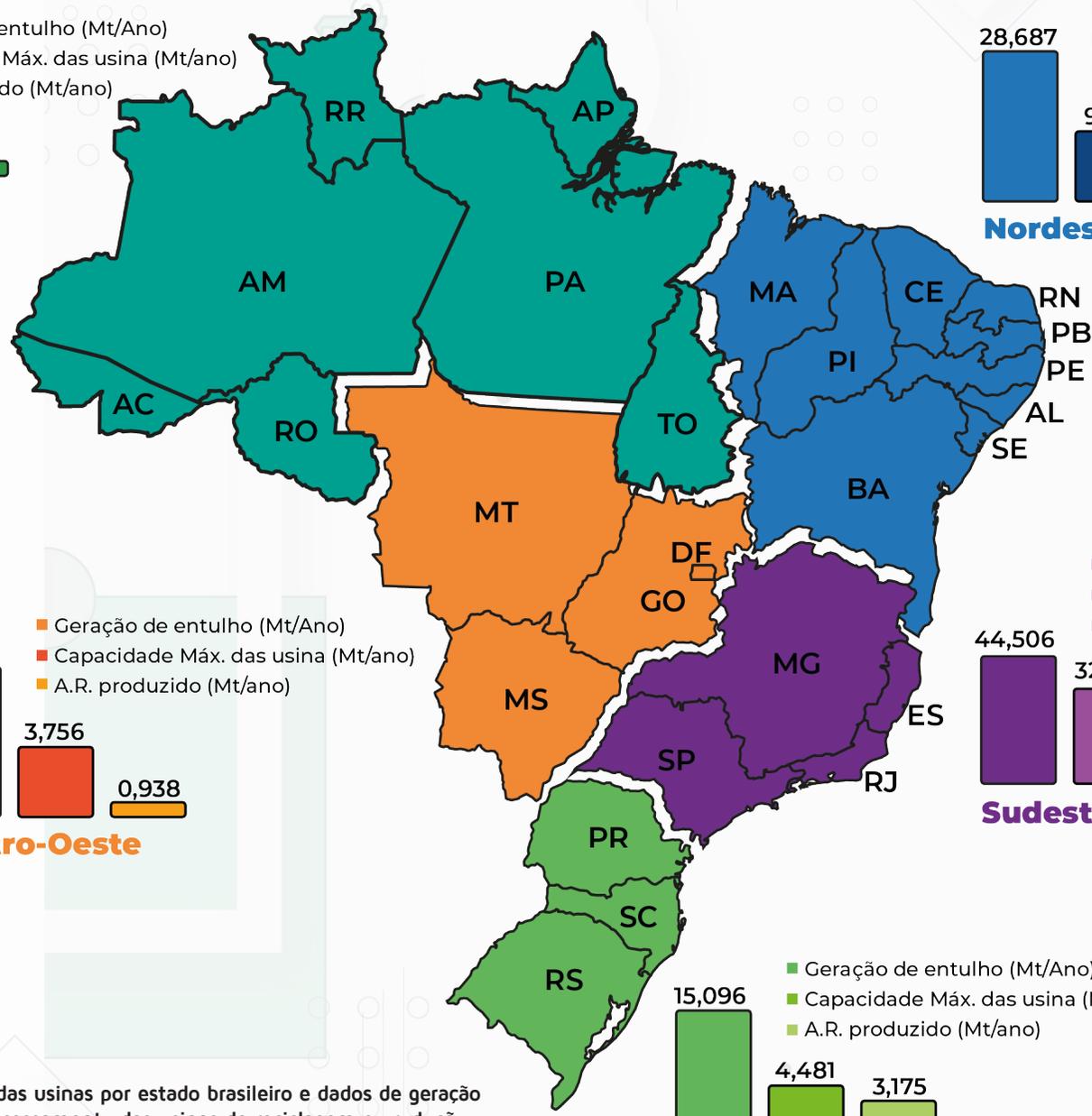


Figura 17 – Concentração das usinas por estado brasileiro e dados de geração de RCD, capacidade de processamento das usinas de reciclagem e produção de agregado reciclado (AR) (em milhões de toneladas por ano).

O gráfico em árvore apresentado na Figura 18 indica a quantidade de usinas por estados e regiões brasileiras.

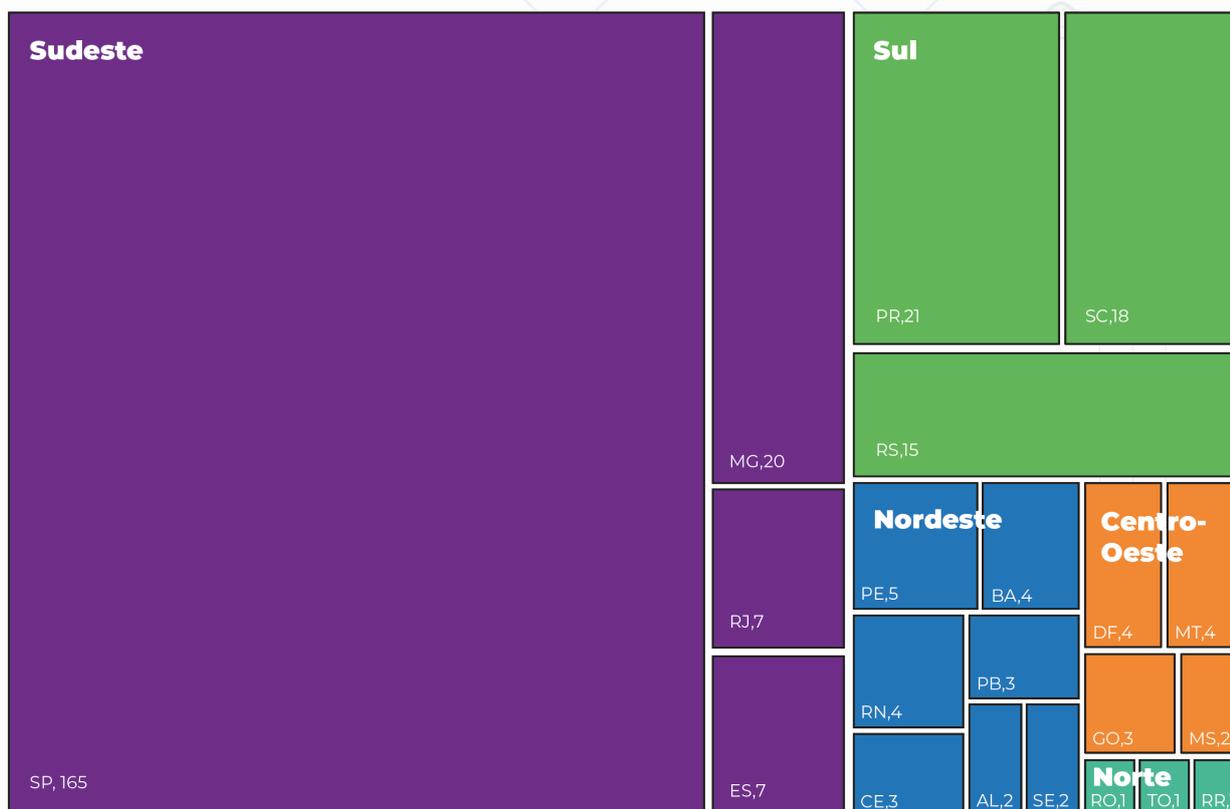


Figura 18 – Quantidade de usinas cadastradas pela ABRECON por estados e regiões brasileiras.

Em termos percentuais, 60% das usinas se concentram na região Sudeste (Figura 19). Incluindo a região Sul, o total de usinas chega a 87%, representando as regiões onde se concentram a maior parte das usinas brasileiras. Nos últimos anos houve um crescimento do número de usinas situadas na região Sul, tanto em valores absolutos (em quantidade de usinas) ou relativos (em porcentagem), sendo o mesmo observado nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Norte.

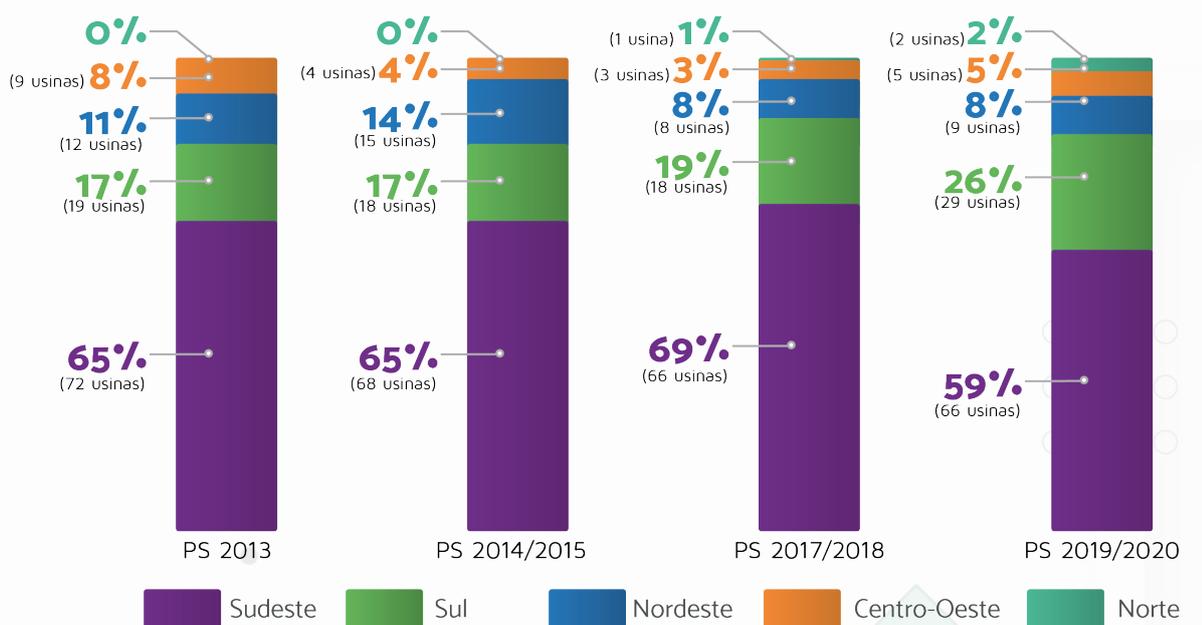


Figura 19 – Concentração das usinas, em valores absolutos (em quantidade) e relativos (em porcentagem), por região do Brasil. Na PS 2019/2020, 02 empresas não informaram sua localização.

3.4 TAMANHO DOS MUNICÍPIOS ONDE OPERAM AS USINAS

As usinas participantes da Pesquisa Setorial 2019/2020 se encontram bem distribuídas, desde pequenos municípios (com menos de 50 mil habitantes) até os grandes (com mais de 5 milhões de habitantes), como indica a Figura 20. No Brasil, a maioria das usinas está concentrada nos municípios de porte médio, contendo de 50 a 400 mil habitantes. Embora existam usinas nas cidades de grande porte, para atender a demanda concentrada nas regiões metropolitanas seria necessário maior número de usinas do que as que estão em operação hoje. Em municípios de pequeno porte, a grande maioria do contexto brasileiro tem se viabilizado via consórcios intermunicipais, ainda considerando pouco a necessidade brasileira. Municípios de pequeno e grande estão entre os locais que mais carecem de implantação de usinas de reciclagem.

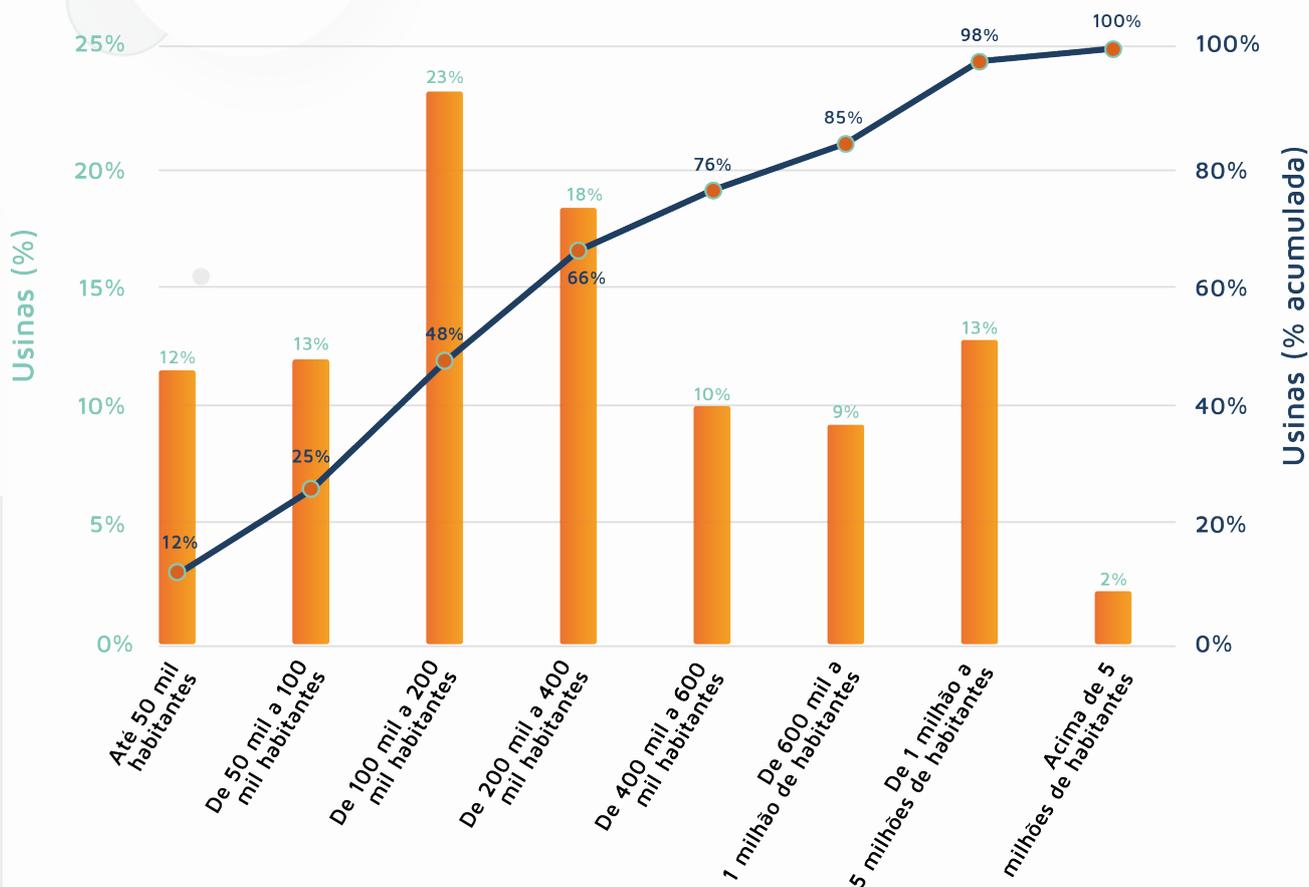


Figura 20 – Concentração das usinas de reciclagem em função do porte dos municípios brasileiros. Das 113 usinas que participaram da PS 2019/2020, apenas 13 usinas não responderam a essa questão.

No contexto comparativo, a Pesquisa Setorial 2019/2020 indicou um crescimento de usinas nos municípios de até 50 mil habitantes, como mostra a Figura 21. Isso indica que houve aumento de consórcios intermunicipais, provavelmente incentivada pela implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Houve também aumento de usinas operando em cidades contendo de 50 a 100 mil habitantes. A tendência de crescimento de usinas na faixa de 100 a 200 mil habitantes observada na Pesquisa Setorial 2017/2018 continuou sendo observada na pesquisa mais recente. Assim, o crescimento de usinas de reciclagem tem ocorrido principalmente em municípios com até 200 mil habitantes.

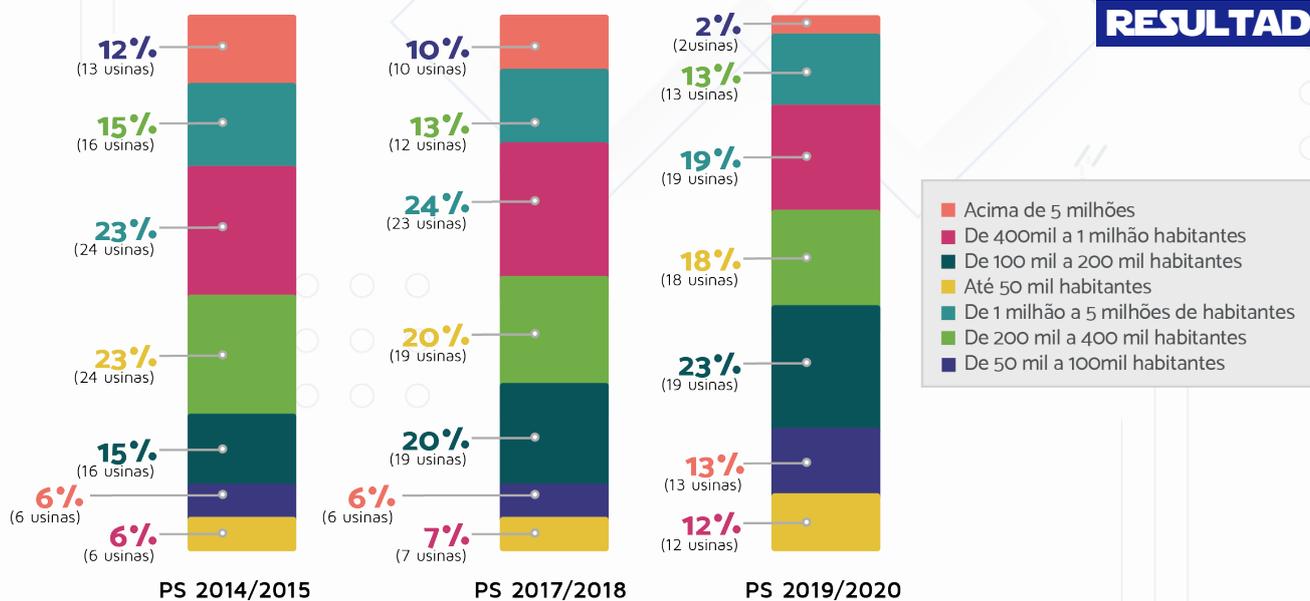


Figura 21 – Concentração das usinas em função do porte dos municípios brasileiros. Das 113 usinas que participaram da PS 2019/2020, apenas 13 usinas não responderam a essa questão.

Nos municípios com até 400 mil habitantes, a maioria das usinas (entre 80 e 90%) operam em áreas reduzidas, de até 50.000 m², como apresentado na Figura 22. Em municípios com mais de 400 mil habitantes houve um crescimento de usinas que operam com maiores áreas, especificamente as usinas com áreas de operação acima de 200.000 m². A participação das usinas com grandes áreas de operação (acima de 200.000 m²) é maior em municípios de 400 a 600 mil habitantes, aonde os custos de aquisição de terreno não são tão elevados quanto nos municípios com mais de 1 milhão de habitantes.

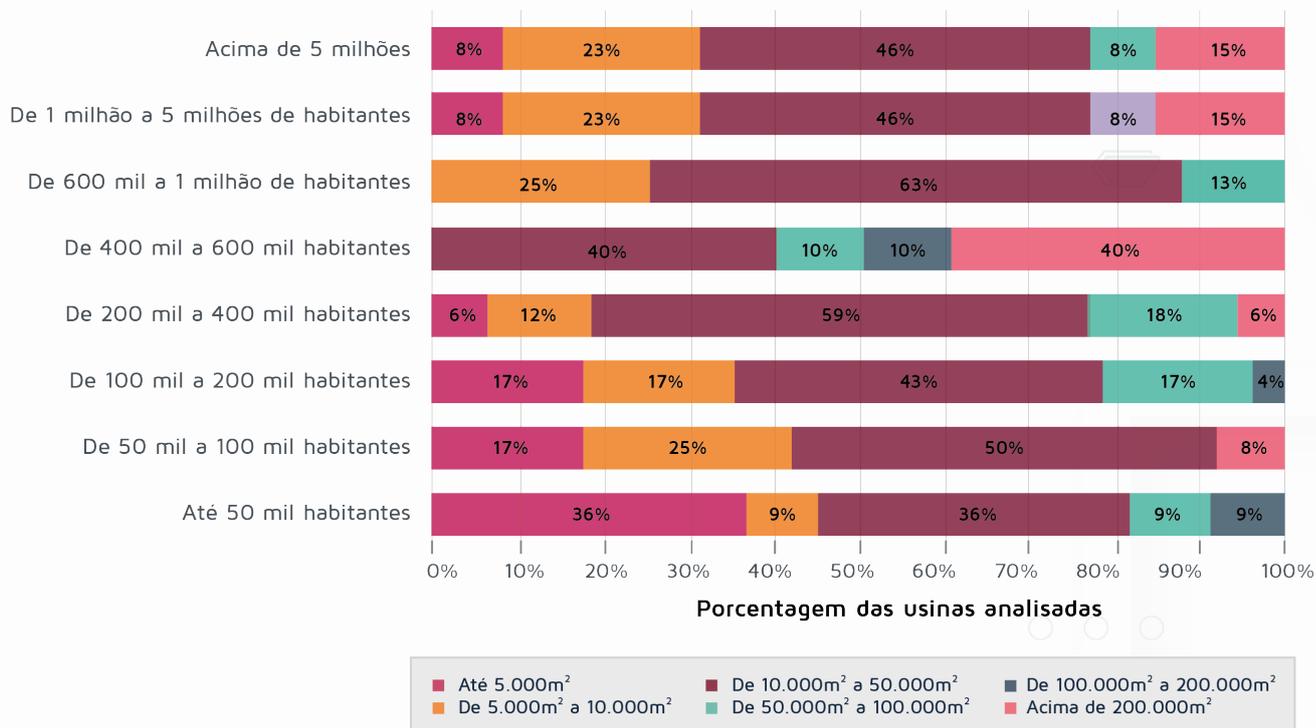


Figura 22 – Distribuição das usinas pela sua área em função do número de habitantes nos municípios. Das 113 usinas que participaram da PS 2019/2020, no total 17 usinas não responderam às perguntas utilizadas nessa análise.

A maior parte das usinas operam em municípios que possuem plano de gerenciamento de resíduos e esse número cresce à medida que aumenta o número de habitantes do município, conforme indica a Figura 23. Particularmente em municípios de 50 a 200 mil habitantes, há usinas que operam sem planos municipais de gestão de resíduos implementados, e é justamente nesta faixa de tamanho de município que tem crescido o número de usinas (Figura 22).

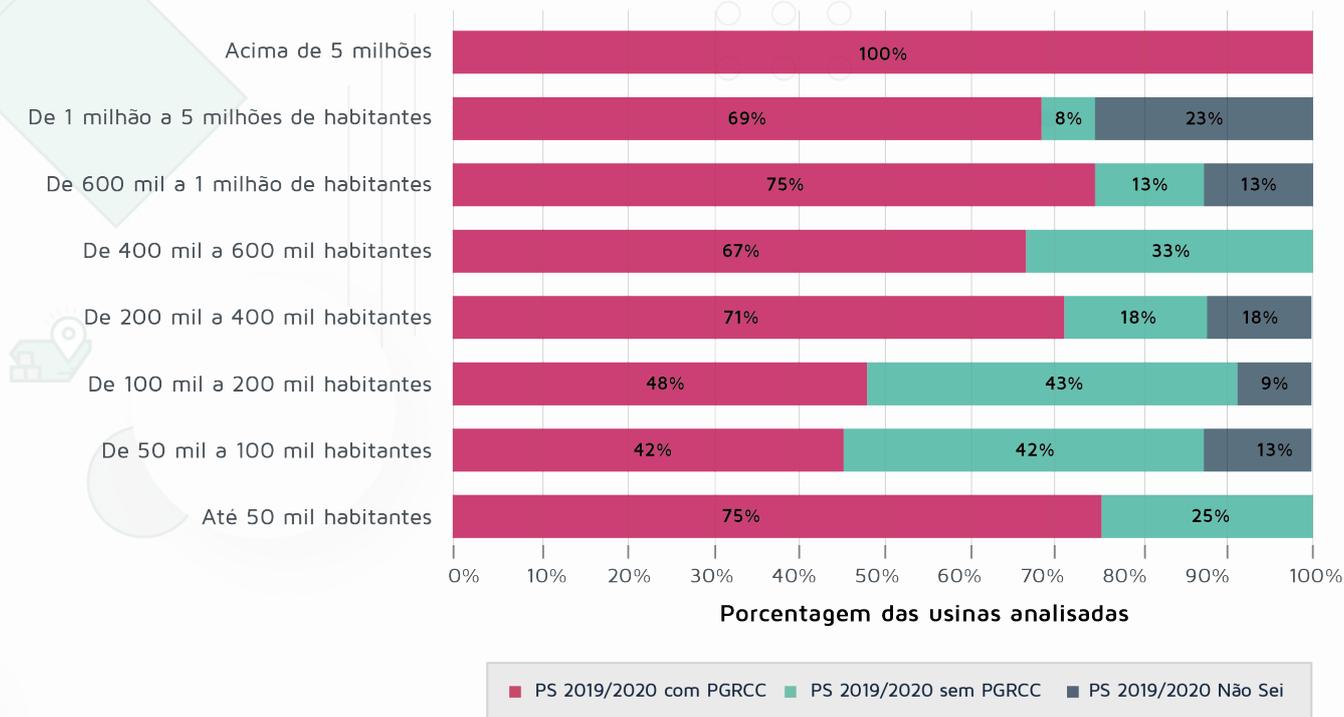


Figura 23 – Porcentagem das usinas situadas em municípios que contêm PGRCC, em função do número de habitantes. Das 113 usinas que participaram da PS 2019/2020, 96 usinas responderam a essas questões.

3.5 CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO

Grande parte das usinas estão operando plenamente, e nas últimas quatro versões da pesquisa setorial tem-se observado uma tendência crescente (Figura 24). No período de 2019/2020 o índice de usinas operando chegou a 84%. Houve redução no índice de usinas paralisadas ou operando em escala reduzida, indicando maior maturidade do mercado.

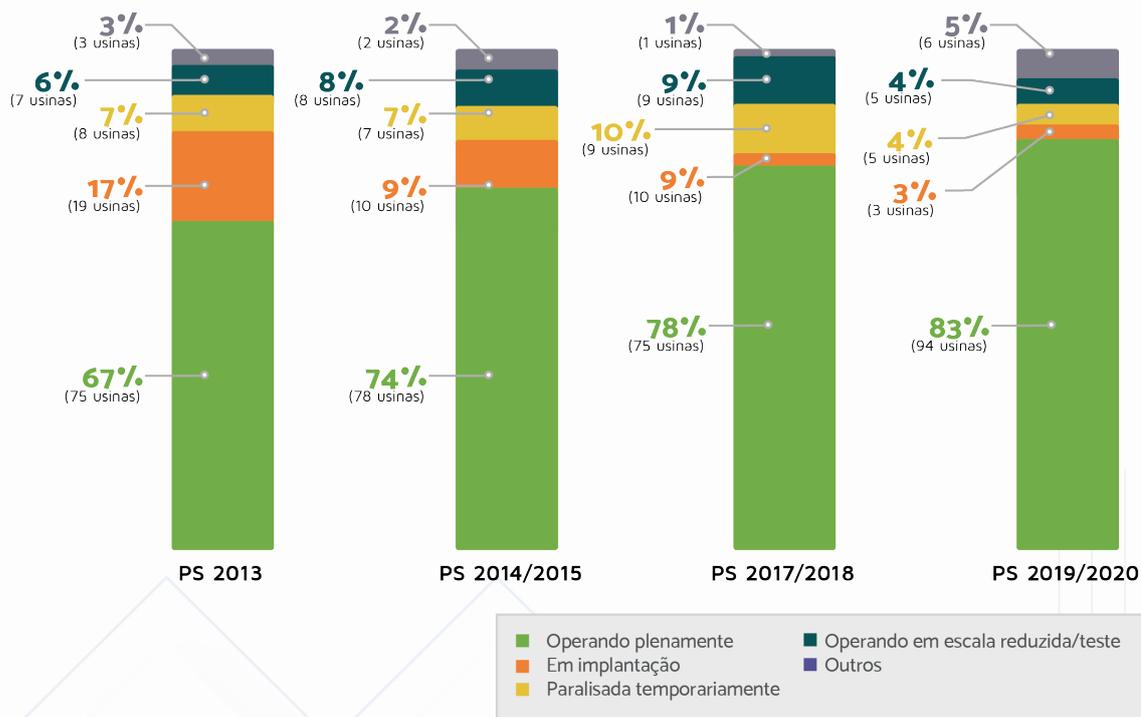


Figura 24 – Situação de operação das usinas brasileiras.

3.6 PERFIL DE PRODUÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS DAS USINAS

3.6.1 Capacidade máxima de produção

A capacidade de produção das usinas nacionais varia cerca de 10 vezes, de menos de 1.000 m³ de agregados reciclados por mês até 10.000 m³ mensais (Figura 25 – dados no Anexo Perfil da produção das usinas (PS 2019/2020)). Metade das usinas brasileiras podem ser classificadas como de pequeno porte, capaz de processar em torno de 50 m³/h, ou 50 t/h, pois a densidade aparente do RCD misturado se aproxima de 1 t/m³ [19]. 75% das empresas operam com capacidade inferior a 6.000 m³/mês, ou menor que 300 t/h. A capacidade de produção das usinas de reciclagem de RCD é bem inferior à de agregados naturais, o que limita a oferta de agregados reciclados em grande quantidade, como geralmente é demandado em aplicações de pavimentação. Isso requer o manuseio de grandes áreas de estoque, seja para armazenamento do RCD recebido, seja da produção de agregados reciclados.

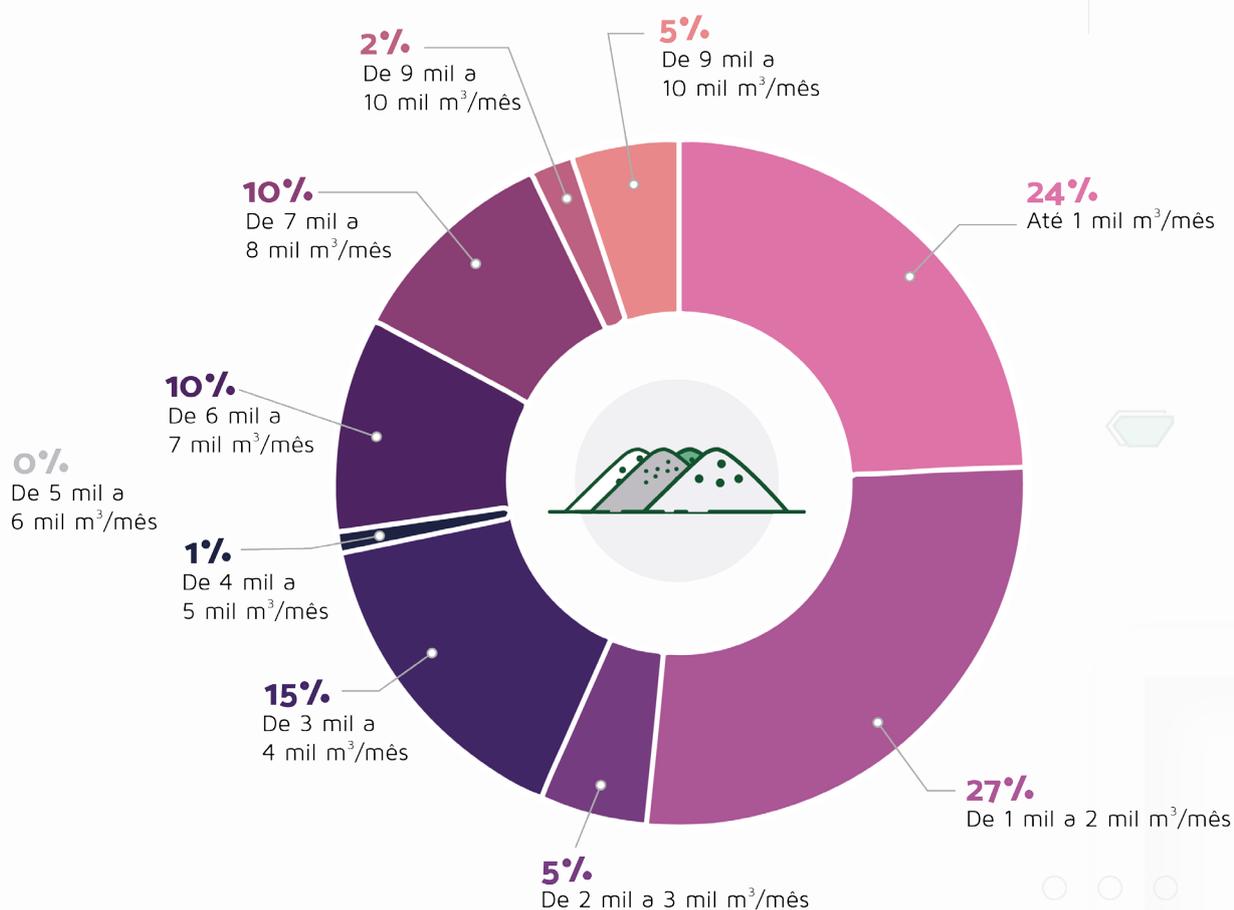


Figura 25 – Capacidade máxima de produção - perfil das usinas nacionais. 25 empresas não responderam a essa pergunta na PS 2019/2020.

3.6.2 Área de operação

As áreas de operação das usinas brasileiras são bem diversificadas, variando de menos de 5.000 m² a mais de 200.000 m², cerca de 40 vezes. 75% das usinas de reciclagem brasileiras operam em área inferior a 50.000 m² (Figura 26 – dados no Anexo Perfil da produção das usinas (PS 2019/2020)), grande parte devido à proximidade dos centros urbanos e custos crescentes envolvidos na aquisição de terrenos nestas proximidades. Metade das usinas operam com áreas tipicamente entre 10.000 m² e 50.000 m².

Apenas 13% das usinas chegam a operar com áreas superior a 100.000 m². Essas usinas geralmente operam de forma integrada com aterros de inertes, pois devido à natureza da sua atividade, requerem maior disponibilidade de área para operar.

Outra possibilidade considerada para empreendimentos com área superior a 100 000 m² é que houve a computação da área total, mesmo que a usina de reciclagem opere em menos da metade desta área; ou seja, o respondente não diferenciou área total e área efetivamente utilizada.

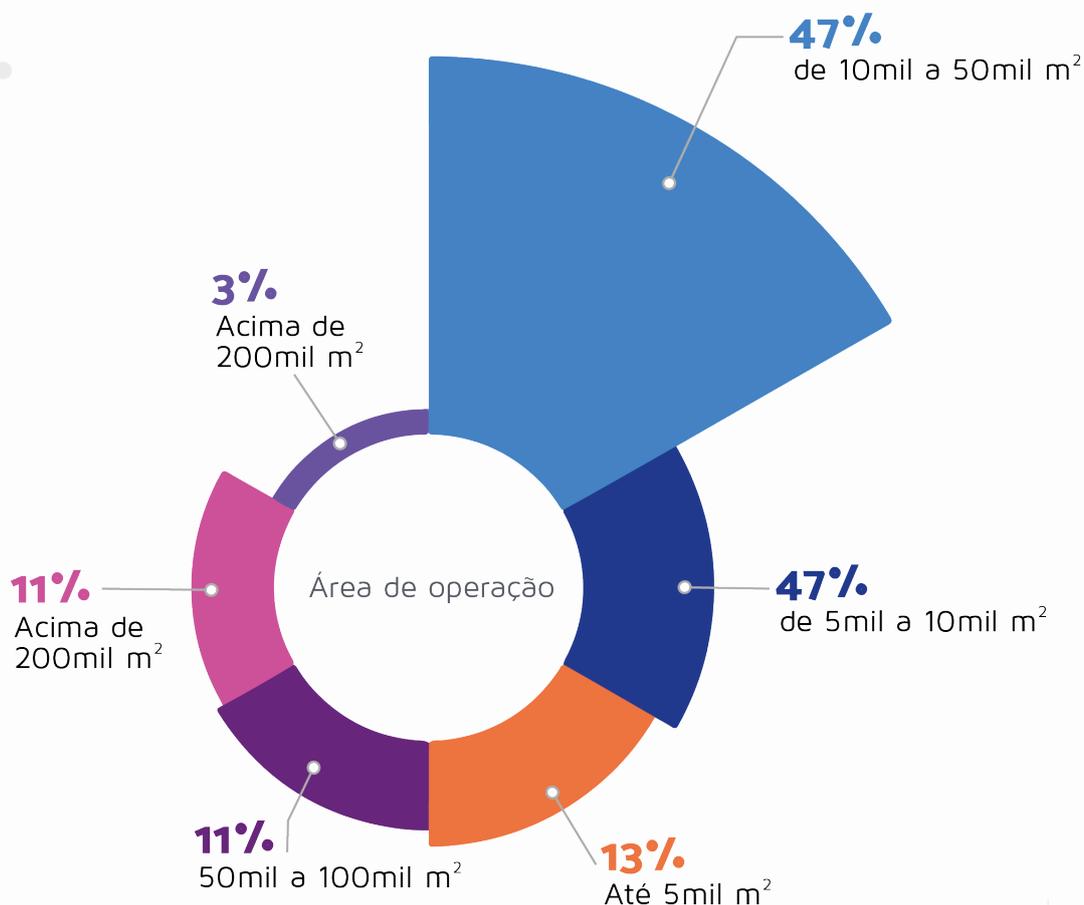


Figura 26 –Área de operação das usinas brasileiras. 9 empresas não responderam a essa pergunta na PS 2019/2020.

3.6.3 Volume de RCD recebido

Os volumes de RCD recebidos nas usinas brasileiras variam cerca de 8 vezes (Figura 27 – dados no Anexo Perfil da produção das usinas (PS 2019/2020)), menos que a variação observada na área de operação das usinas. Não foi encontrada relação direta entre área de operação e volume de RCD recebido nas usinas, indicando que a capacidade de processamento das usinas não está sendo, até o momento, limitada pela área disponível para a operação, havendo outros fatores que influenciam o volume de RCD recebido e a quantidade produzida de agregados reciclados.

Porém, como a maior parte das usinas operam em áreas inferiores a 50.000 m², metade das usinas brasileiras também operam recebendo quantidades limitadas de RCD, até 2.000 m³ por mês. Outros 35% destas usinas operam recebendo entre 2.000 m³ e 8.000 m³ de RCD por mês. Somente 13% destas operam recebendo mais que 8.000 m³ de RCD por mês.

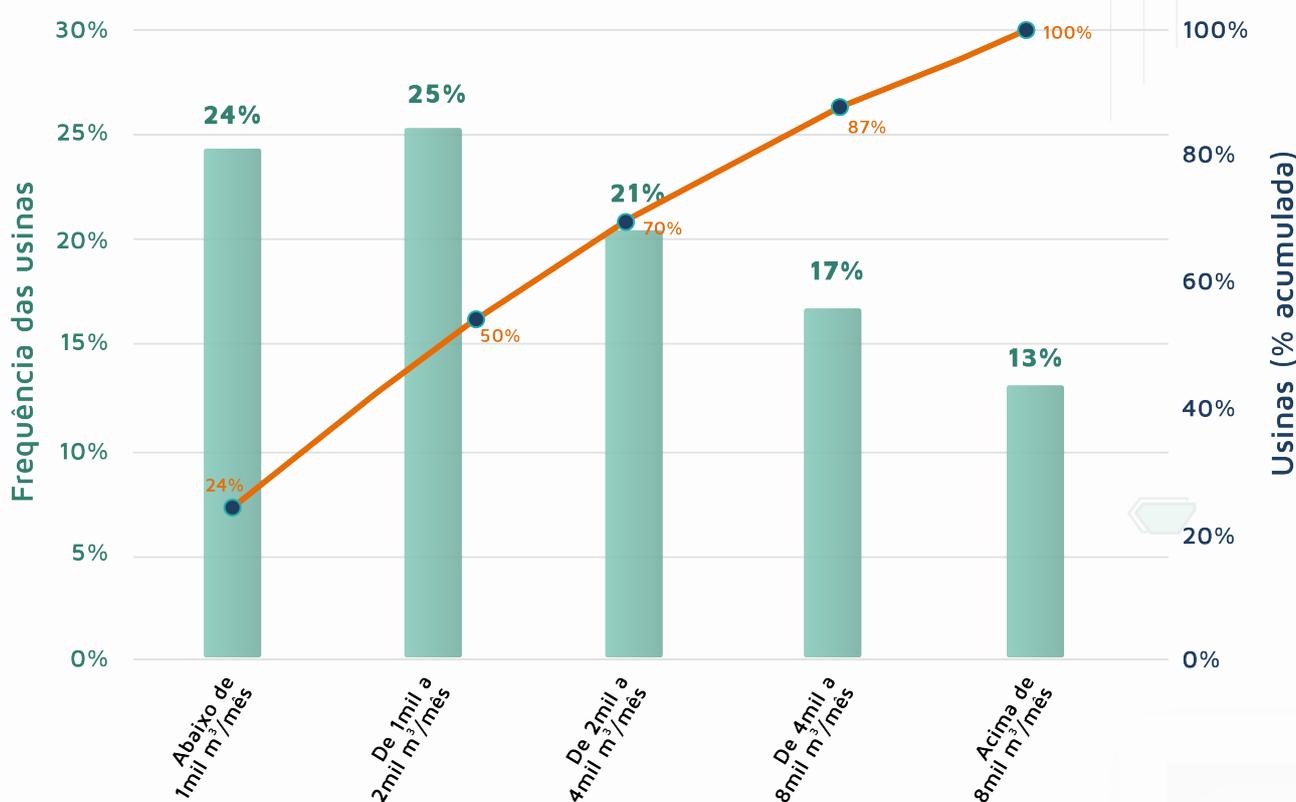


Figura 27 –Volume de RCD recebido nas usinas brasileiras. 11 empresas não responderam a essa questão na PS 2019/2020.

3.6.4 Teor de rejeitos

Nem todo o RCD recebido é convertido em agregados reciclados. A presença de rejeitos no RCD implica em custos para as usinas, o que requer a adoção de uma política de preço de recebimento compatível com as despesas, uma vez que isso é resultado direto da falta de cuidados e da triagem do gerador.

75% das usinas brasileiras recebem até 20% de rejeitos no RCD, sendo que mais da metade destas com até 10% de rejeitos (Figura 28 – dados no Anexo Perfil da produção das usinas (PS 2019/2020)). Esses teores não são diferentes do encontrado tipicamente no RCD sem qualquer processo de triagem, e podem até ser mais elevados se os solos de escavação entrarem nesta categoria, gerando outros subprodutos (finos naturais, previamente peneirados ou escalpados) que não são necessariamente agregados reciclados. Assim, as usinas de reciclagem realizam importante parcela do processo de triagem do RCD, que poderia acontecer de forma mais eficiente no contexto nacional nas fontes geradoras (construtoras formais ou não, reformas, demolições).

Os altos índices de rejeitos nas usinas têm impacto direto nos custos operacionais das usinas e na dificuldade de comercialização dos agregados reciclados. Além disso, como representam custos diretos nas usinas, estes acabam sendo repassados diretamente aos geradores no recebimento do material na usina. Muito importante observar que se os rejeitos recebidos são perigosos ou da classe C da Resolução CONAMA nº 307 (não recicláveis), isso irá imputar a necessidade de usar tratamento específico e aterros que cobram valores elevados para disposição final desses materiais. Assim, é necessário incluir custos com gestão de rejeitos na hora de estabelecer a política e o preço de recebimento do RCD da usina.

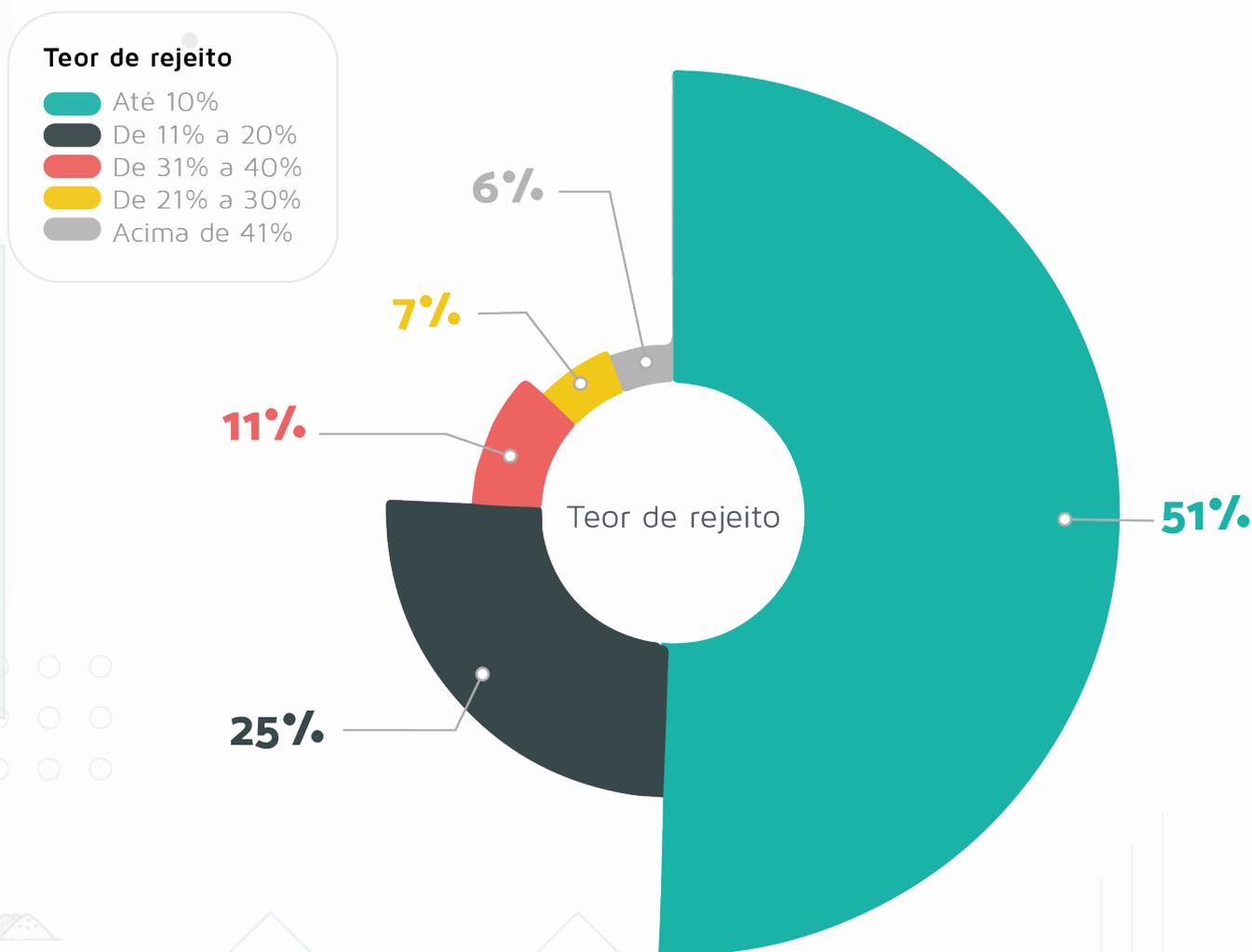


Figura 28 – Teor de rejeitos no RCD recebido nas usinas de reciclagem. 14 empresas não responderam a essa pergunta na Pesquisa Setorial 2019/2020.

3.6.5 Qualidade do RCD que chega às usinas

A maior parte do RCD chega nas usinas sem triagem ou parcialmente triado (Figura 29), indicando pouco envolvimento das fontes geradoras (construtoras, reformas, demolidoras) na triagem prévia do RCD.

Em algumas localidades são encontrados RCD totalmente triados. Das 34 usinas que informaram receber resíduos totalmente triados, 31 delas estão localizadas no estado de São Paulo (Figura 30), onde há maior implantação de Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) dos grandes geradores, operam ATTs, e há também maior implantação de legislação ambiental voltada para esse tipo de resíduo.

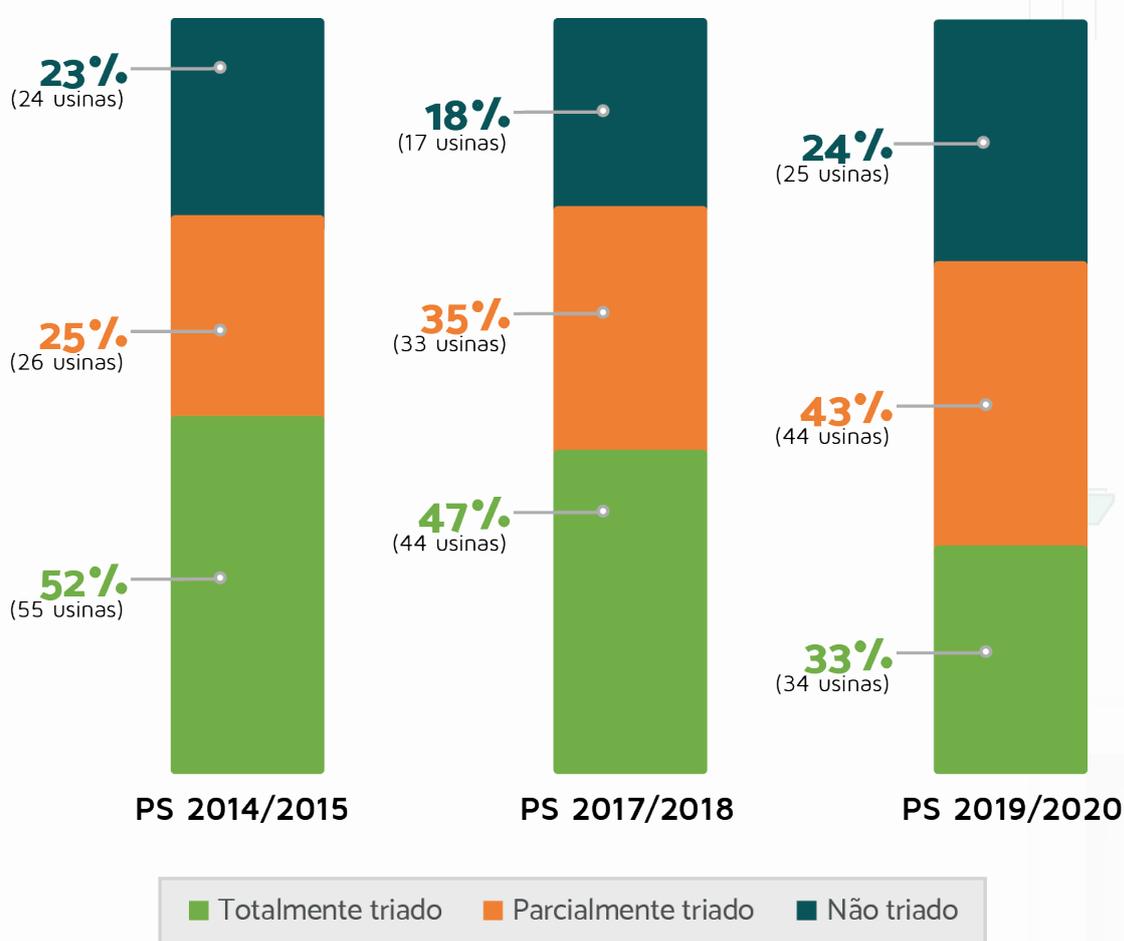


Figura 29 – Condições de recebimento do RCD: totalmente, parcialmente ou não triado. Na PS 2019/2020, 10 empresas não informaram se realizam triagem em seus resíduos.

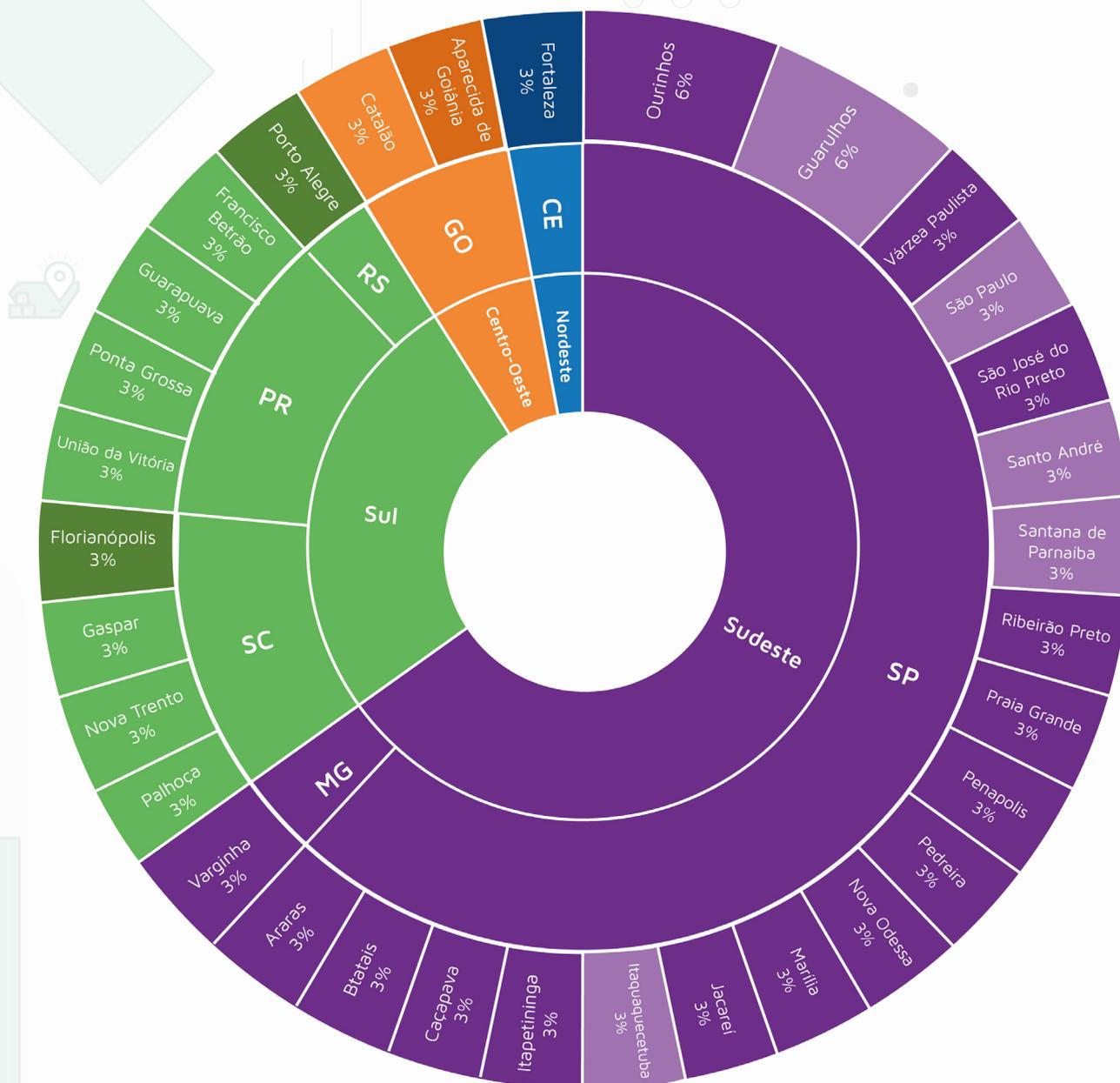


Figura 30 – Estados e cidades onde estão localizadas as usinas que recebem RCD totalmente triado nas usinas. Destaque (cor diferente da adotada para o estado) para as cidades localizadas em regiões metropolitanas.

3.6.6 Preço para o recebimento de RCD

Os preços estabelecidos para o recebimento do RCD variam significativamente nas diferentes regiões brasileiras (Figura 31). Em todos os estados, há quem pratique preço mínimo de R\$ 5/m³, sem incluir quaisquer despesas diretas com triagem e destinação de rejeitos. Considerando-se o teor médio de rejeitos como cerca de 10% - a cada 1 m³, 0,1 m³ seriam rejeitos - que destinados chegam a custar R\$ 100/m³. Para cobrir os custos de disposição e triagem, os valores mínimos para recepção do RCD deveriam ser certamente superiores a R\$ 10/m³. Muitos estados ainda cobram valores abaixo da média, provavelmente por não disporem de aterros de resíduos industrial Classe II A em condições adequadas, ou competirem com preços menores de disposição estabelecidos por aterros de resíduos inertes da construção.

A maioria das usinas que recebem resíduo sem cobrar não estão localizadas em regiões metropolitanas (04 das 06 usinas). Os maiores valores cobrados também não estão necessariamente concentrados nas regiões metropolitanas. Isso é um parâmetro ligado às condições locais e particulares de cada município.

A recepção de RCD de forma gratuita pode evidenciar também um período de testes do empreendimento, como uma usina associada a uma empresa de caçamba estacionária, ou, até mesmo, um contrato público com a prefeitura subsidiando o valor do descarte.

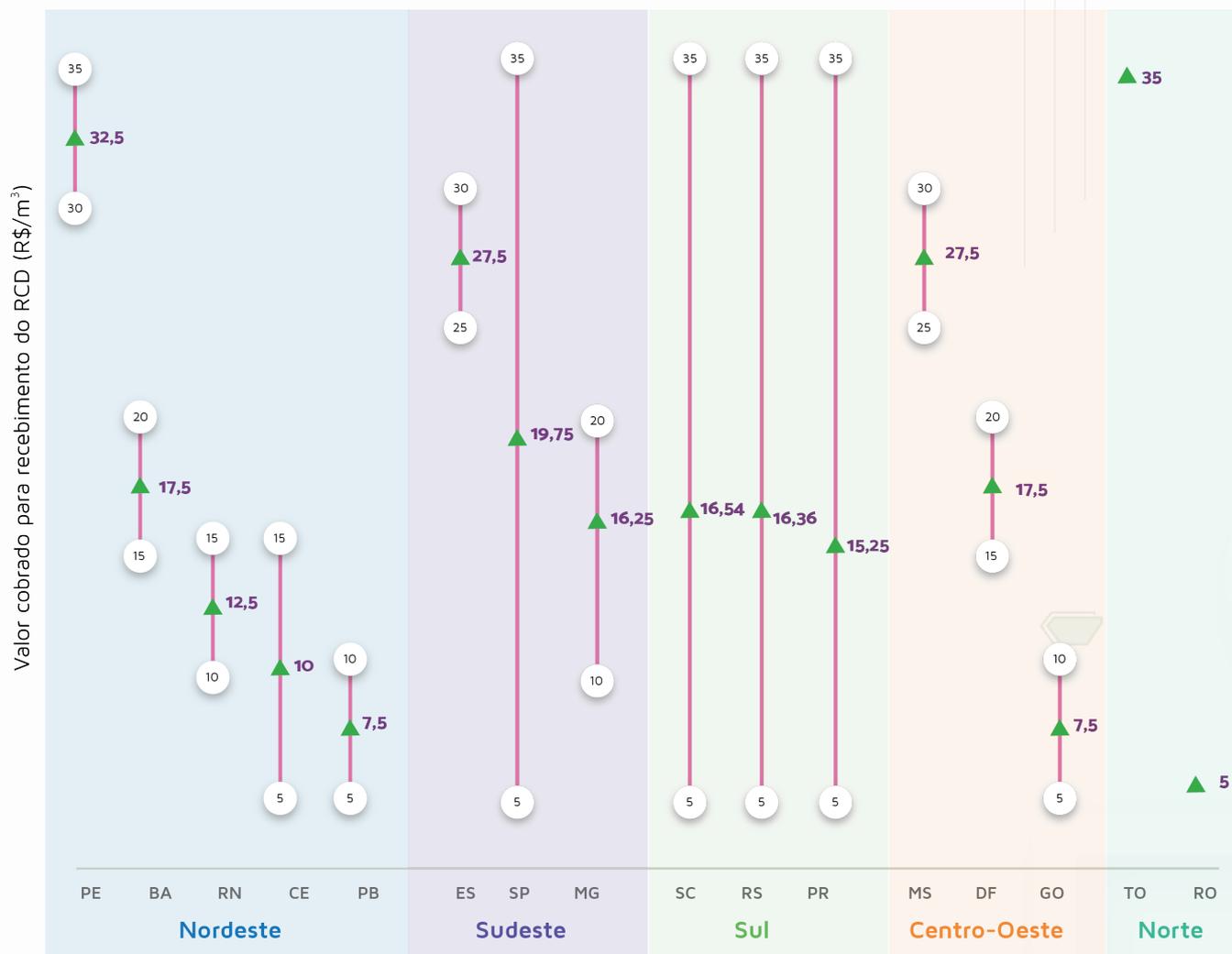


Figura 31 - Valores cobrados para recebimento de RCD nas usinas por estado. Resultado da compilação das respostas de 87 empresas. Seis informaram que a pergunta sobre preço de recebimento não se aplica a sua situação, e 12 empresas não responderam a essa questão.

É importante registrar que este relatório não tem a função de determinar um referencial de preço para a recepção do RCD. Os valores auferidos não significam necessariamente o preço ideal para as usinas, mas um reflexo do mercado e a dificuldade em estabelecer valores. Esses dados não devem, portanto, ser utilizados como estratégia de precificação.

3.6.7 Composição do RCD recebido pelas usinas

No Brasil, o RCD tipicamente recebido nas usinas é o resíduo misto (Figura 32 e Figura 7), composto pela mistura de materiais cimentícios diversos (concretos e argamassas), cerâmica vermelha, podendo conter teores variados de solos argilosos, que também conferem certa coloração avermelhada ao resíduo. Pela coloração típica, é muito difícil inferir o teor de cerâmica vermelha presente, variando de 10% a 50%.

Resíduos compostos majoritariamente de cerâmica vermelha ou de materiais cimentícios (este último resíduo cinza, Figura 7) não são os casos mais comuns. Na região Norte, resíduos de cerâmica vermelha puros são mais presentes em alguns estados (Figura 32), assim como resíduos de cimentícios puros são mais comuns em algumas localidades das regiões Nordeste e Centro-Oeste. Nas regiões Sudeste e Sul podem ocorrer ambos os casos. Embora essas duas últimas regiões respondam por quase 70% da produção nacional de cerâmica vermelha [57], os resíduos de material cerâmico vermelho não são a maior parcela para a maioria das usinas que responderam à pesquisa. Assim, os resíduos de cerâmica vermelha se encontram misturados com os cimentícios, compondo tipicamente o RCD misto.

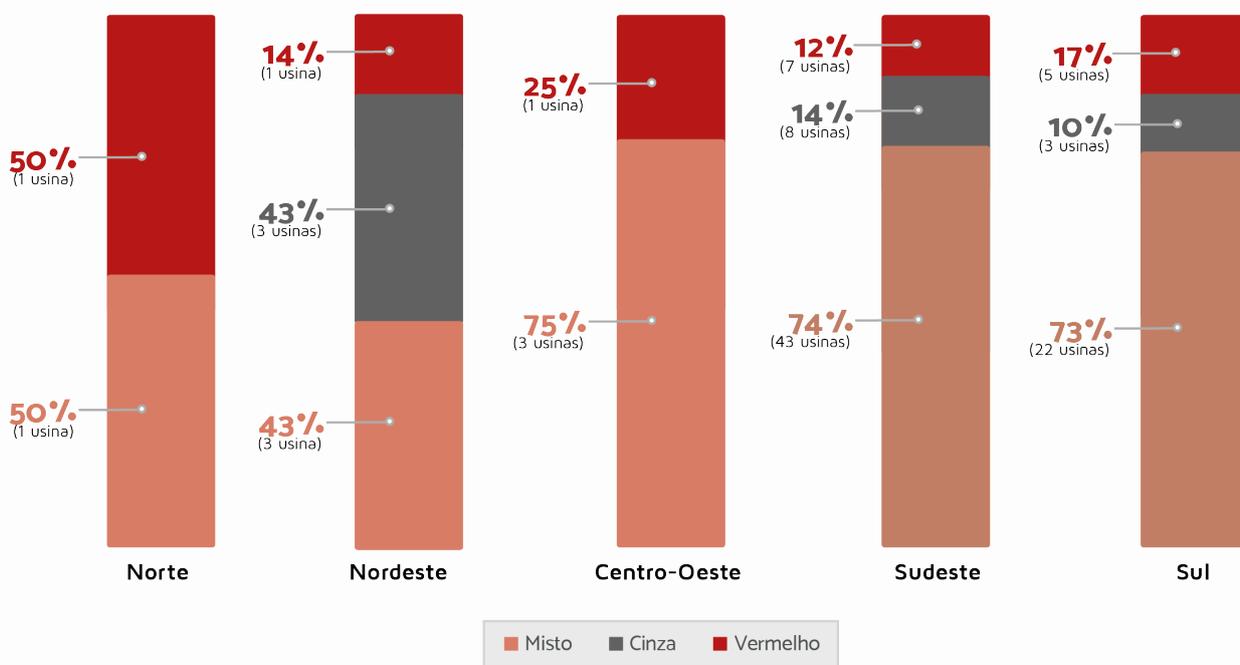


Figura 32 – Participação das usinas em relação à composição majoritária do RCD. Na PS 2019/2020, 10 empresas não indicaram a composição do resíduo recebido.

Ressalta-se também que os resultados identificados nesta etapa da pesquisa podem ter sofrido influência das características dos resíduos gerados na região quanto à sua limpeza e composição, da percepção visual do responsável pela usina frente às condições de limpeza e composição do material, e/ou de alguma possível/eventual restrição que a usina pode impor ao recebimento do material de entrada (triagem, presença de rejeitos e/ou composição do resíduo).

3.6.8 Números de funcionários na reciclagem

Como a maior parte das usinas de reciclagem brasileiras são de pequeno porte, a grande maioria das empresas analisadas (aproximadamente 85%) operam com menos de 20 funcionários (Figura 33 – dados no Anexo Perfil da produção das usinas (PS 2019/2020)); tendo a maioria destas (cerca de 60%) menos de 10 funcionários diretamente envolvidos com a atividade de reciclagem, triagem principalmente.

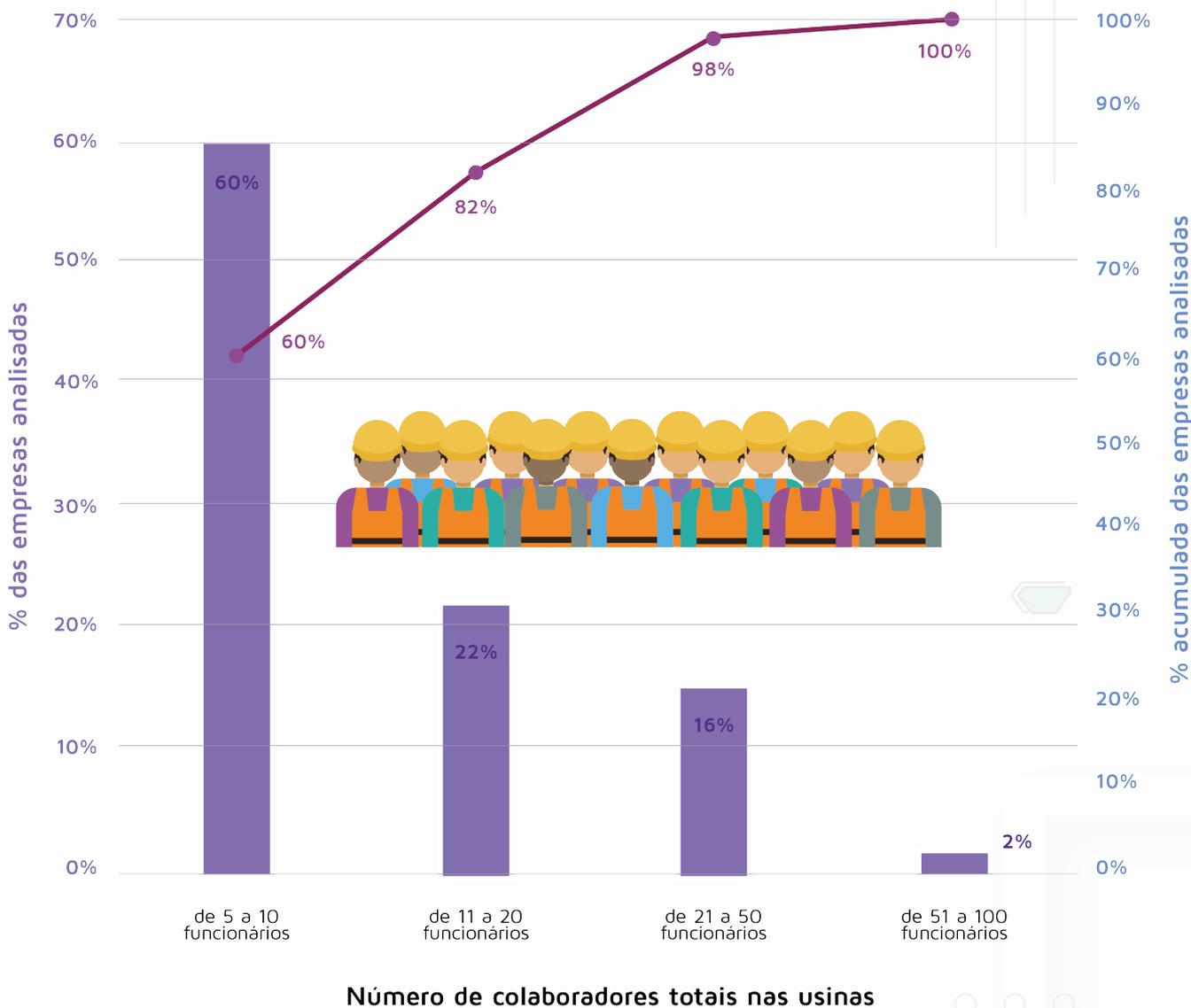


Figura 33 - - Número de funcionários atuantes nas usinas de reciclagem – perfil das usinas. PS 2019/2020, sendo que 05 empresas não responderam a essa questão.

3.6.9 Produção de agregados reciclados

A quantidade de agregados reciclados produzida está muito próxima da quantidade de RCD recebida por mês, descontando-se, em média, apenas os rejeitos (10 a 20% do total). Por isso, metade das usinas brasileiras produzem até 2.000 m³/mês (Figura 34). Outros 25% das usinas produzem entre 3.000 m³ a 8.000 m³ por mês, e outros 25% entre 8.000 m³ e 10.000 m³/mês.

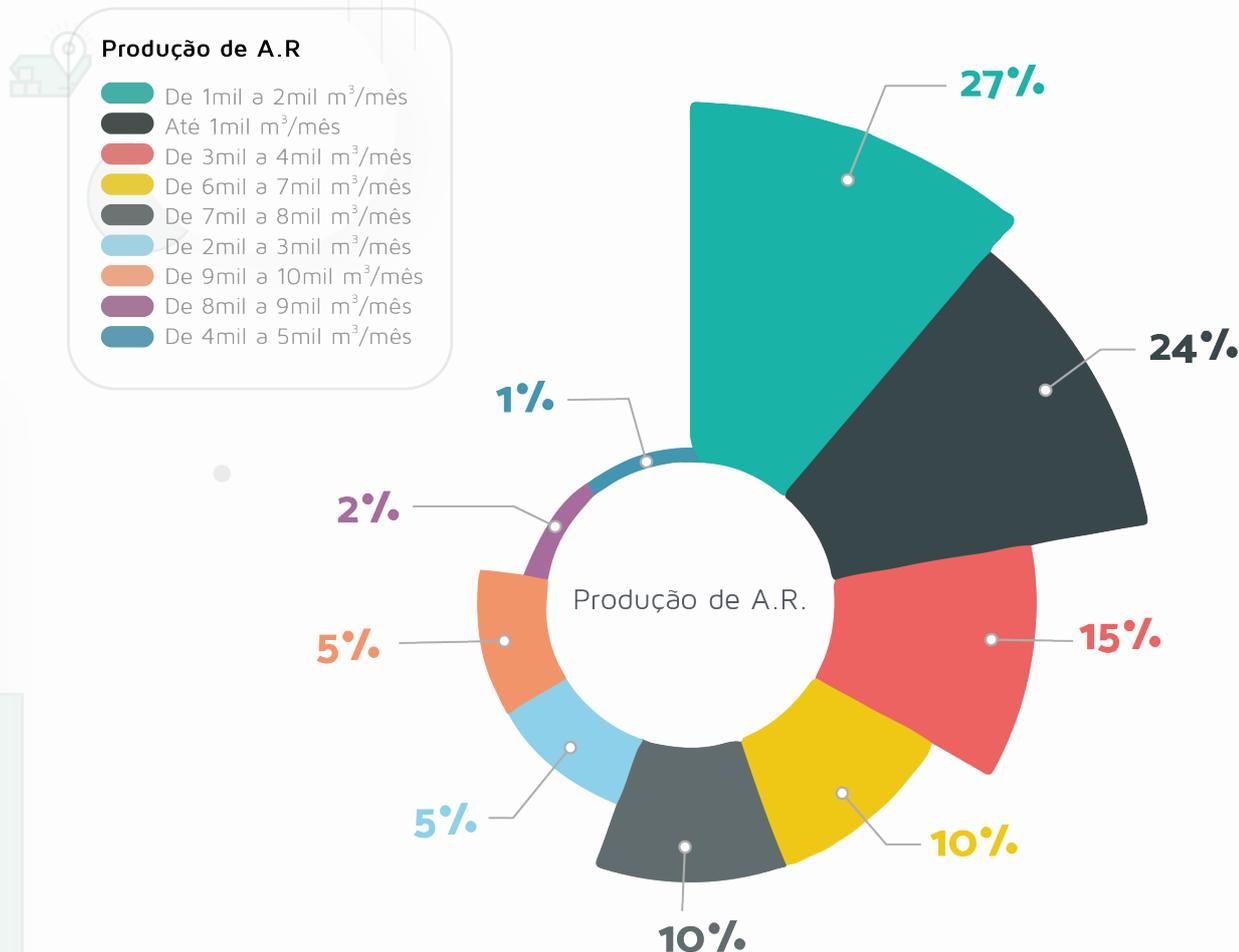


Figura 34 – Produção de agregados reciclados – perfil das usinas que participaram da PS 2019/2020. Estimada pela quantidade de RCD recebida, menos o teor de rejeito informado.

3.6.10 Ensaios técnicos nos produtos

A maioria das usinas (cerca de 65%) não realiza ensaios de controle de qualidade dos produtos, ou quando realizam, o fazem a pedido dos clientes (Figura 35). Outros 35% das usinas realizam a avaliação, sendo a maioria destes (por volta de 26%) esporadicamente. Menos de 8% das usinas realizam ensaios de forma regular, seja mensalmente ou semanalmente (condição considerada próxima à situação ideal).

Com relação às pesquisas setoriais realizadas nos anos anteriores, houve aumento na quantidade de usinas que não fazem ensaios e redução daquelas que o fazem esporadicamente, fruto das dificuldades em comercializar os agregados reciclados. Importante observar que nem toda produção de agregado reciclado é comercializada. Parte da produção de agregados reciclados é doada quando há dificuldades na comercialização e necessidade de liberar espaço para o recebimento do RCD. O valor cobrado para o recebimento do RCD na usina é uma fonte de receita importante para as usinas.

Como as usinas de reciclagem de RCD são operadas de forma simples e sem efetivo planejamento, a cultura de qualidade do produto (agregado reciclado) ainda não é preponderante. A necessidade em ensaiar os agregados reciclados é inclusive, em alguns casos, alheio aos operadores e aos próprios empresários, o que de certa forma é um obstáculo para a evolução do setor.

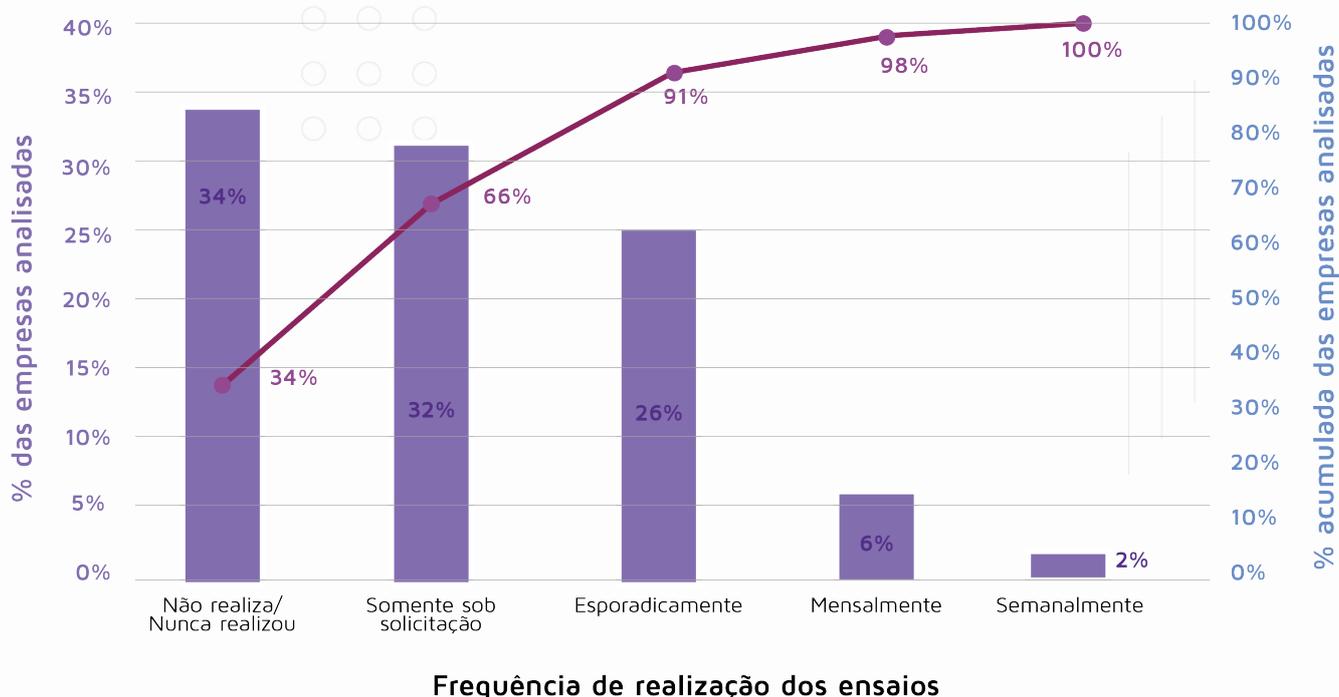


Figura 35- Frequência de realização de ensaios laboratoriais nas usinas - PS 2019/2020. Nessa pesquisa 31 empresas não responderam essa questão.

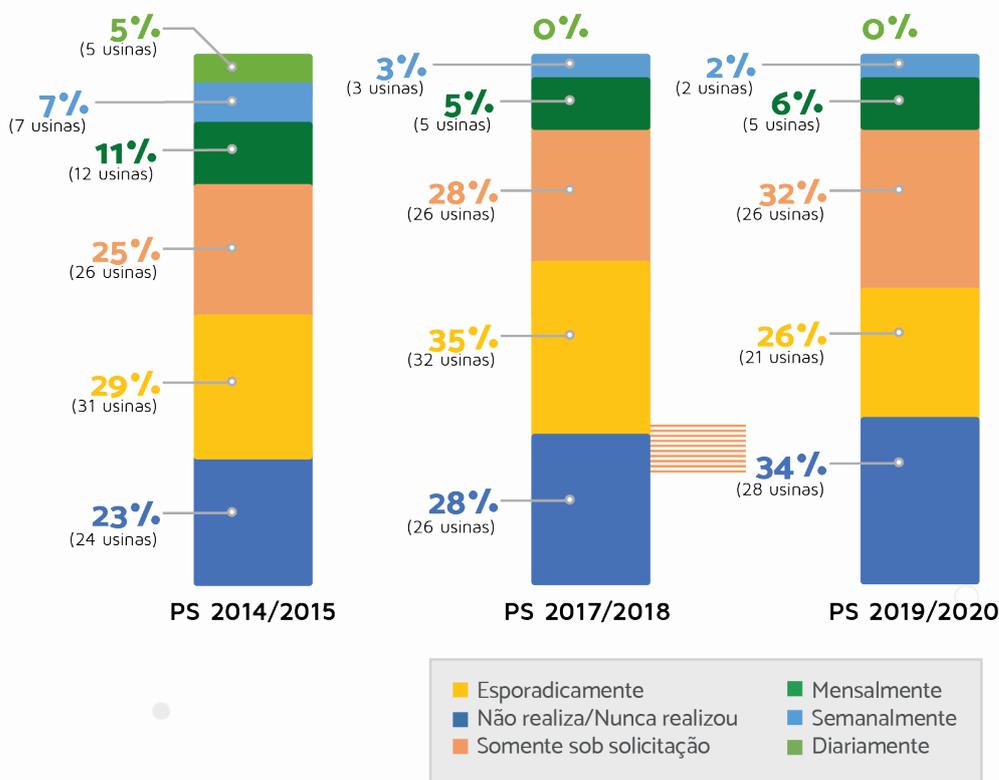


Figura 36- Frequência na realização de ensaios técnicos nos produtos ao longo das pesquisas setoriais. Na PS 2019/2020, 31 empresas não responderam a essa questão.

3.6.11 Preço de venda dos agregados reciclados

Não se observam diferenças entre os valores de venda dos agregados reciclados, grãos ou miúdos, nos diferentes estados brasileiros (Figura 37 e Figura 39). A Figura 38 e a Figura 40 comparam os valores médios do agregado natural com o agregado reciclado (A.R.), grão e miúdo respectivamente. As maiores variações no valor de venda dos agregados reciclados são observadas nos estados e regiões brasileiras que concentram a maior parte da produção nacional. Isso é resultado do cenário de concorrência entre as empresas de reciclagem, que para conseguirem aumentar o volume de RCD captado, acabam comercializando os agregados reciclados em valores muito inferiores aos dos agregados naturais, ou até mesmo doando uma parcela expressiva (quase 50% do produzido).

Na média, os valores praticados dos agregados reciclados são geralmente inferiores aos dos agregados naturais, sendo equiparável apenas em alguns estados brasileiros: Rio Grande do Norte, Bahia e Pernambuco (região Nordeste), Minas Gerais (região Sudeste), e Mato Grosso do Sul (Região Centro-Oeste). No estado de São Paulo, onde se concentra a grande parte da produção nacional, as condições são menos favoráveis, com valores praticados abaixo dos agregados naturais.

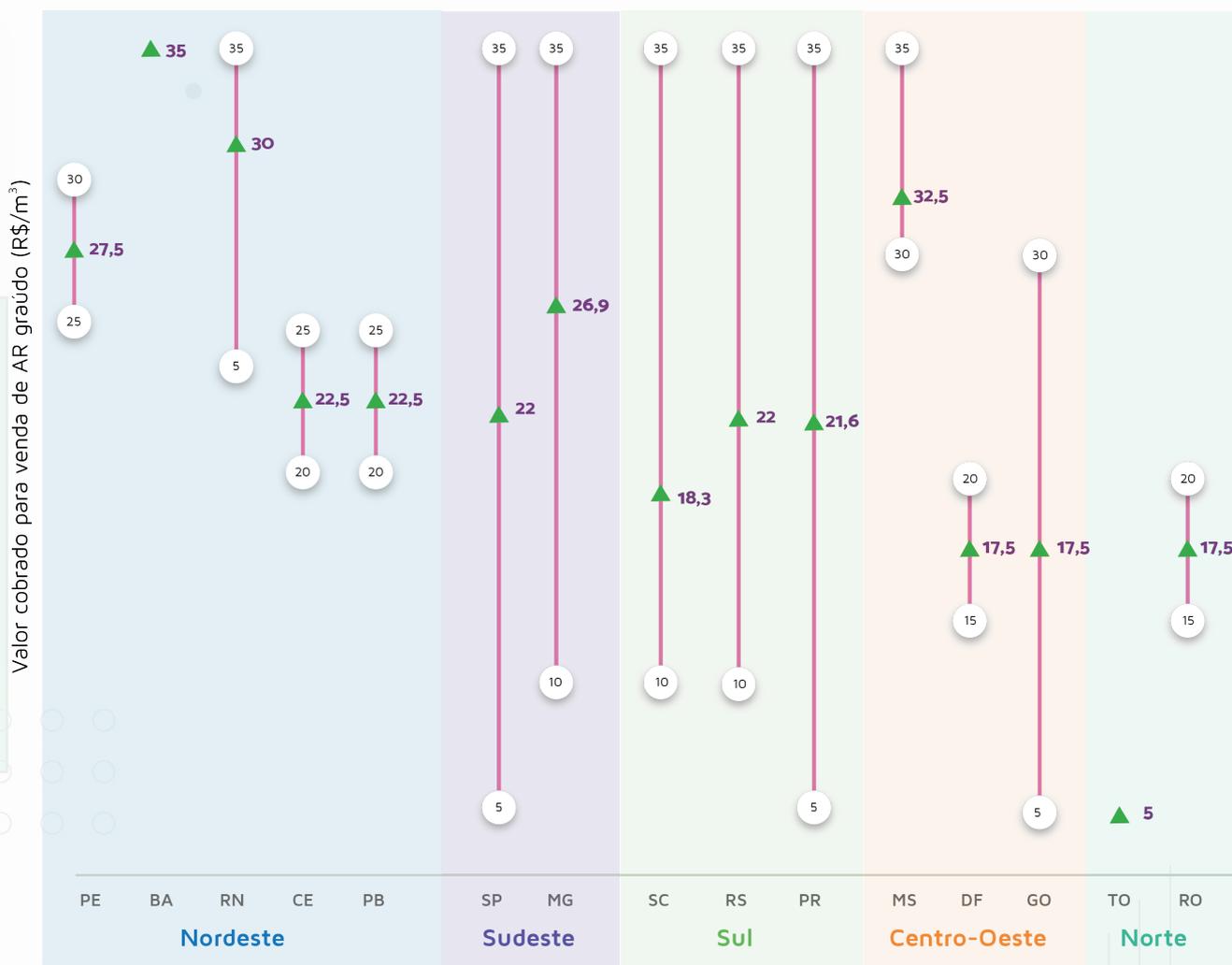


Figura 37 – Faixa do preço de venda (máximo, médio, mínimo, F.O.B.) dos agregados grãos reciclados comercializados nas diferentes regiões brasileiras. Os estados que não constam no gráfico não apresentaram usinas que responderam a essa pergunta na PS 2019/2020. 25 empresas não responderam a essa questão e 15 usinas não comercializam esse material.

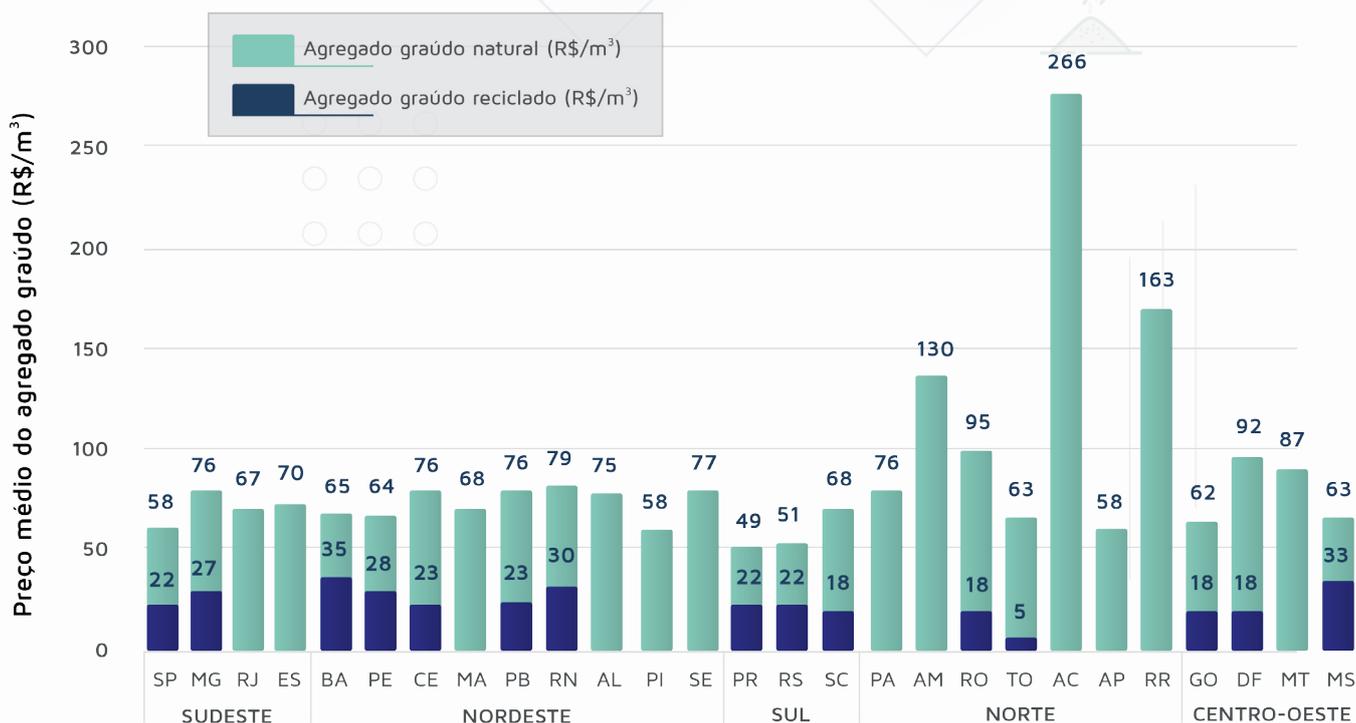


Figura 38 – Comparação entre os preços médios de venda dos agregados graúdos naturais e reciclados comercializados nas diferentes regiões brasileiras.

No geral, os estados da região Nordeste vendem agregados graúdos reciclados a preços superiores aos agregados miúdos reciclados. Isso pode estar relacionado à maior facilidade de comercialização da fração graúda. Em alguns estados desta região, há maior oferta de areia natural, e isso implica num preço de venda da areia natural inferior ao preço de venda da brita natural, podendo, por isso, também limitar o preço da areia reciclada.

Por outro lado, em alguns estados do Sudeste (São Paulo) e do Sul (Rio Grande do Sul), observa-se um aumento discreto no valor médio dos agregados miúdos reciclados comercializados em relação ao valor médio dos agregados graúdos reciclados. Provavelmente isso ocorra devido ao cenário de escassez de areia natural que esta região vivencia. Nesta região, o preço de venda da areia natural é superior ao da brita natural.

A região Norte, apesar de alguns estados terem escassez de brita natural, os preços dos agregados reciclados graúdos não são compatíveis ao preço do agregado natural, provavelmente devido à dificuldade na comercialização, ou à necessidade de cobrar valores reduzidos de recepção do RCD. Algumas usinas vendem agregados reciclados com preço reduzido, para conseguir liberar área de estoque, e a área de recepção de resíduos. Costuma-se gerar mais receita pela recepção do resíduo do que pela venda do agregado reciclado.

RESULTADOS



Figura 39 – Faixa do preço de venda (máximo, médio, mínimo, F.O.B.) dos agregados miúdos reciclados comercializados nas diferentes regiões brasileiras. Os estados que não constam no gráfico não apresentaram usinas que responderam a essa pergunta na PS 2019/2020. 25 empresas não responderam a essa questão e 16 usinas não comercializam esse material.



Figura 40 – Comparação entre os preços médios de venda dos agregados miúdos naturais e reciclados comercializados nas diferentes regiões brasileiras.

3.7 PERFIL DOS CONSUMIDORES DE AGREGADOS RECICLADOS

Os principais consumidores de agregados reciclados são construtores e pavimentadoras (aproximadamente 35%), que correspondem às empresas privadas do setor formal da construção (Figura 41 – dados no Anexo Perfil de consumidores de agregados reciclados (PS 2019/2020)), junto com pessoas físicas, que correspondem ao setor informal da construção (autoconstrução), que respondem no total por quase 60% das solicitações de compra de agregados reciclados. Já os órgãos públicos equivalem a 22%. De forma geral, o consumo de agregados reciclados é ainda reduzido frente à demanda por agregados naturais. Isso significa que o consumo pode e deve expandir em todos esses setores identificados.

Especificamente, a demanda do setor público pode subir porque o poder de compra do estado é elevado e a reciclagem gera benefícios indiretos, principalmente com relação aos custos de limpeza pública e à redução do consumo de recursos naturais e os impactos ambientais decorrentes da sua extração.

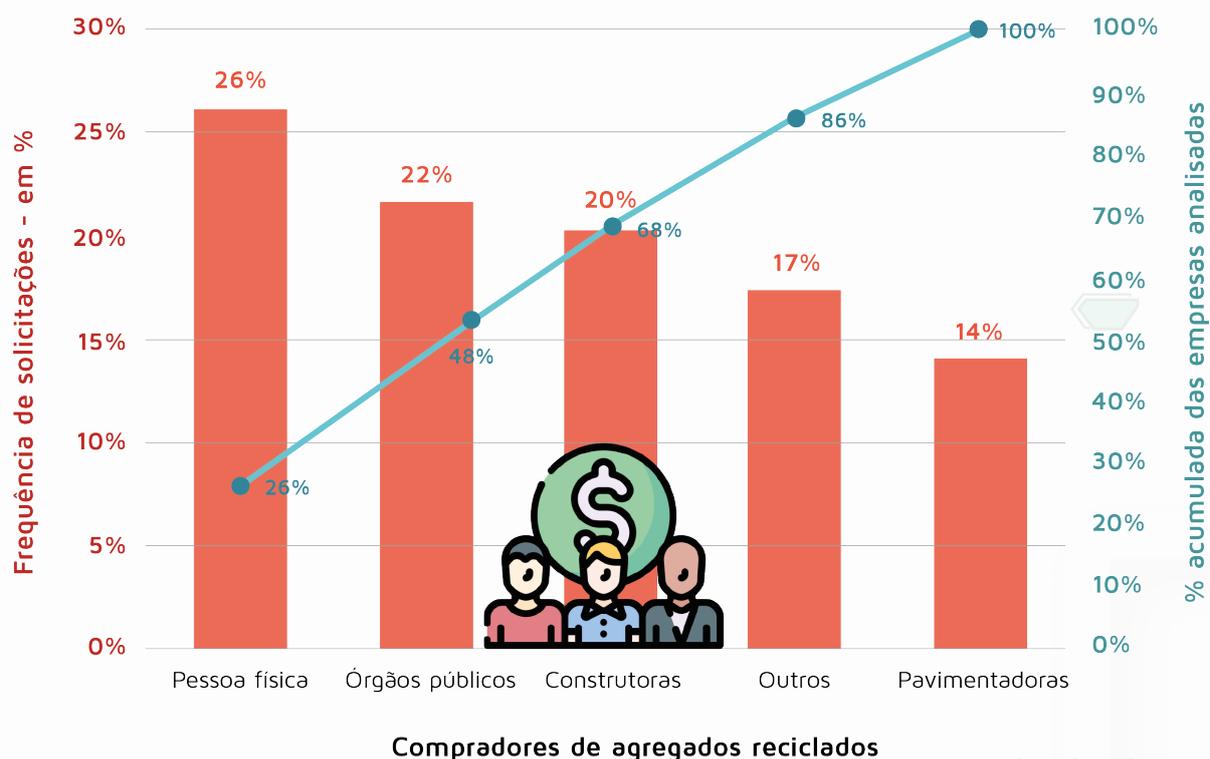


Figura 41 – Compradores (clientes) de agregados reciclados segundo respostas das usinas da PS 2019/2020. 37 empresas participantes dessa pesquisa não responderam a essa questão e 7 empresas informaram não comercializar agregados reciclados

Comparando os perfis de consumidores de agregados reciclados com relação à pesquisa setorial anterior, houve alguma mudança no perfil de consumo (Figura 42), provavelmente resultado do cenário de desaceleração econômica, especificamente no setor de construção. Isso pode ter implicado em um aumento da participação relativa das obras públicas e de pavimentação (obras de infraestrutura).

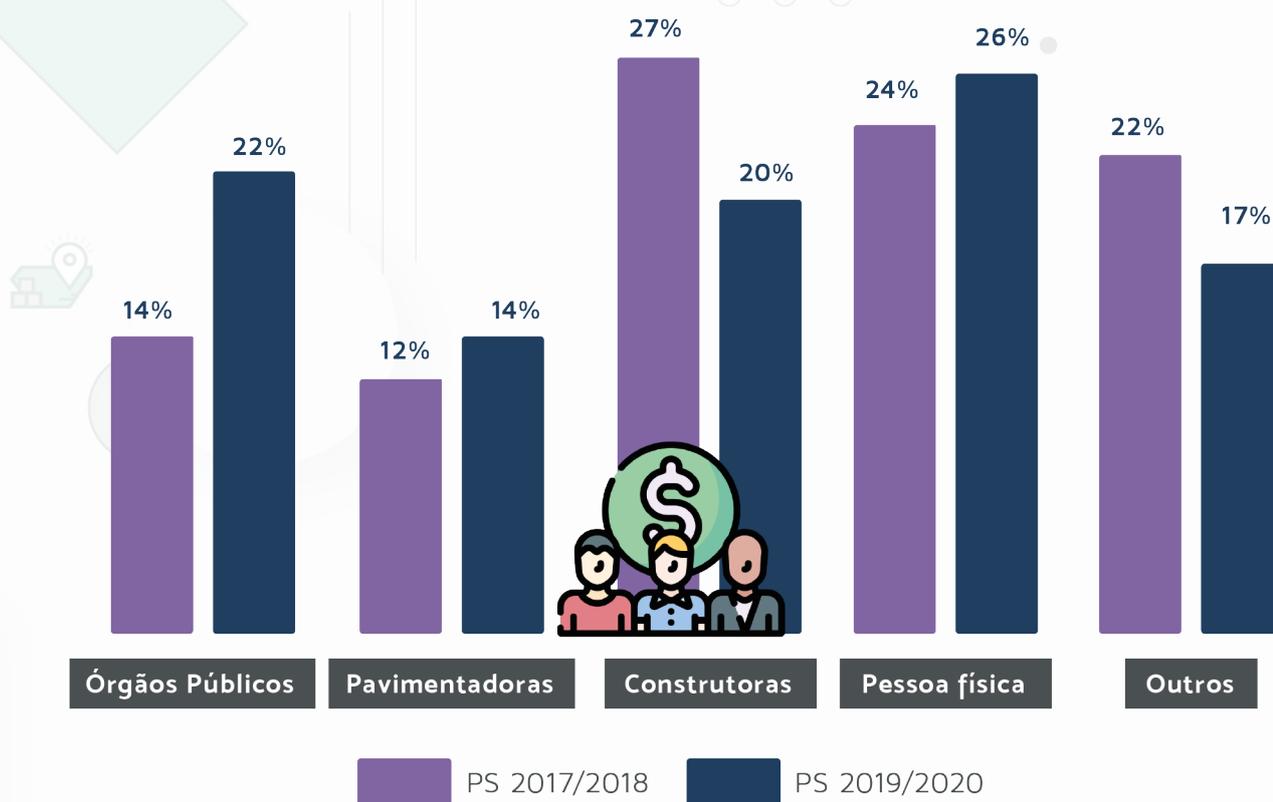


Figura 42 – Maiores compradores (clientes) de agregados reciclados de acordo com as respostas das usinas participantes, comparação entre a PS 2017/2018 e da PS 2019/2020.

Com relação aos tipos de agregados reciclados produzidos, o produto reciclado típico fornecido pela maioria das usinas é a bica corrida reciclada (Figura 43), de uso em obras de pavimentação. O pedrisco reciclado é o segundo produto reciclado mais popular e é consumido principalmente na indústria de artefatos de concreto. Rachão é o terceiro produto preferencialmente fornecido pelas usinas, atendendo ao mercado de obras geotécnicas e de estabilização de encostas. Importante ressaltar que a definição do tipo de agregado apresentado na Figura 43 pode variar entre as usinas que participaram da pesquisa, pois podem ser utilizadas diferentes classificações para indicar o mesmo produto. Por exemplo, o pedrisco pode ser identificado como pedrisco ou pó de pedra, a depender da empresa.

A bica corrida reciclada é um produto comum nas usinas de reciclagem de RCD pois, além de ser fácil e barato produzir, é o primeiro tipo de agregado reciclado obtido, após o processo de limpeza e britagem. Outro fator favorável a produção de bica corrida reciclada pelas usinas é a sua facilidade de aplicação. Assim, podemos afirmar que todas as usinas de reciclagem de RCD produzem bica corrida reciclada; porém, há usinas que preferem rebritá-lo, peneirá-lo ou vendê-lo como brita e areia de RCD, logo após a britagem primária.

A separação dos agregados reciclados em fração graúda (> 4,8 mm) e miúda (< 4,8 mm) reciclada acaba sendo também bastante frequente entre as usinas, respondendo pelas aplicações em pisos e obras civis que usam concreto, e assentamento de tubulações de água e esgoto. Não é frequente processar e picotar os resíduos de madeira em cavacos para fornecimento, frente à pequena escala de produção (pouca representatividade de massa nas usinas) e questões logísticas. Também não é usual verticalizar o negócio de reciclagem, fornecendo não apenas tipos diferentes de agregados reciclados, mas também produtos cimentícios reciclados acabados (como artefatos de concreto na própria usina de reciclagem).

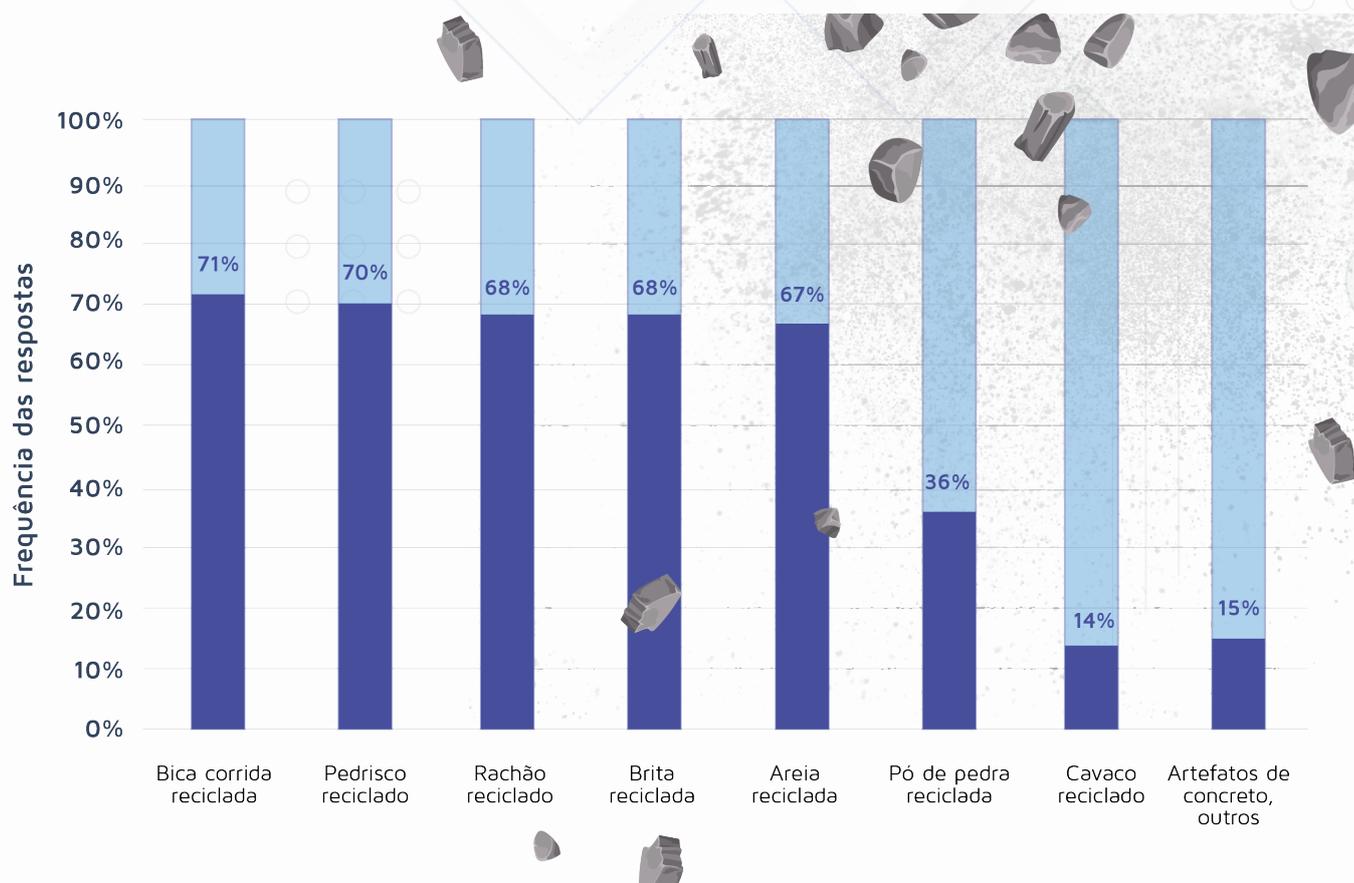


Figura 43 – Frequência de respostas das usinas de reciclagem em relação aos tipos de materiais produzidos da PS 2019/2020. 25 empresas não responderam a essa questão.

Não houve grandes mudanças nos tipos de agregados e produtos reciclados fornecidos pelas usinas, conforme apresentado na Figura 44.

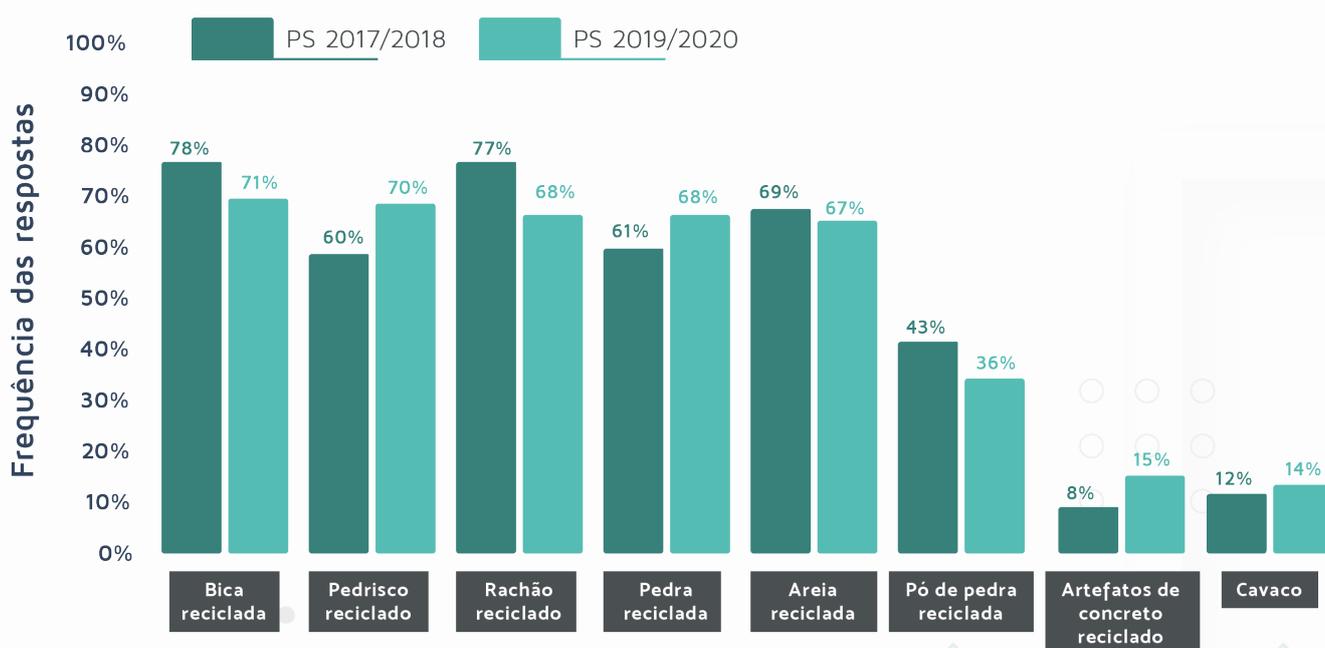


Figura 44 - Frequência de respostas das usinas de reciclagem, em relação aos tipos de materiais produzidos. Dados dos últimos relatórios setoriais.

RESULTADOS

Sem levar em consideração diferenças específicas na capacidade produtiva, a produção de agregados reciclados deve se dividir percentualmente, em termos relativos, nos diferentes tipos de agregados, conforme apresentado na Figura 45.

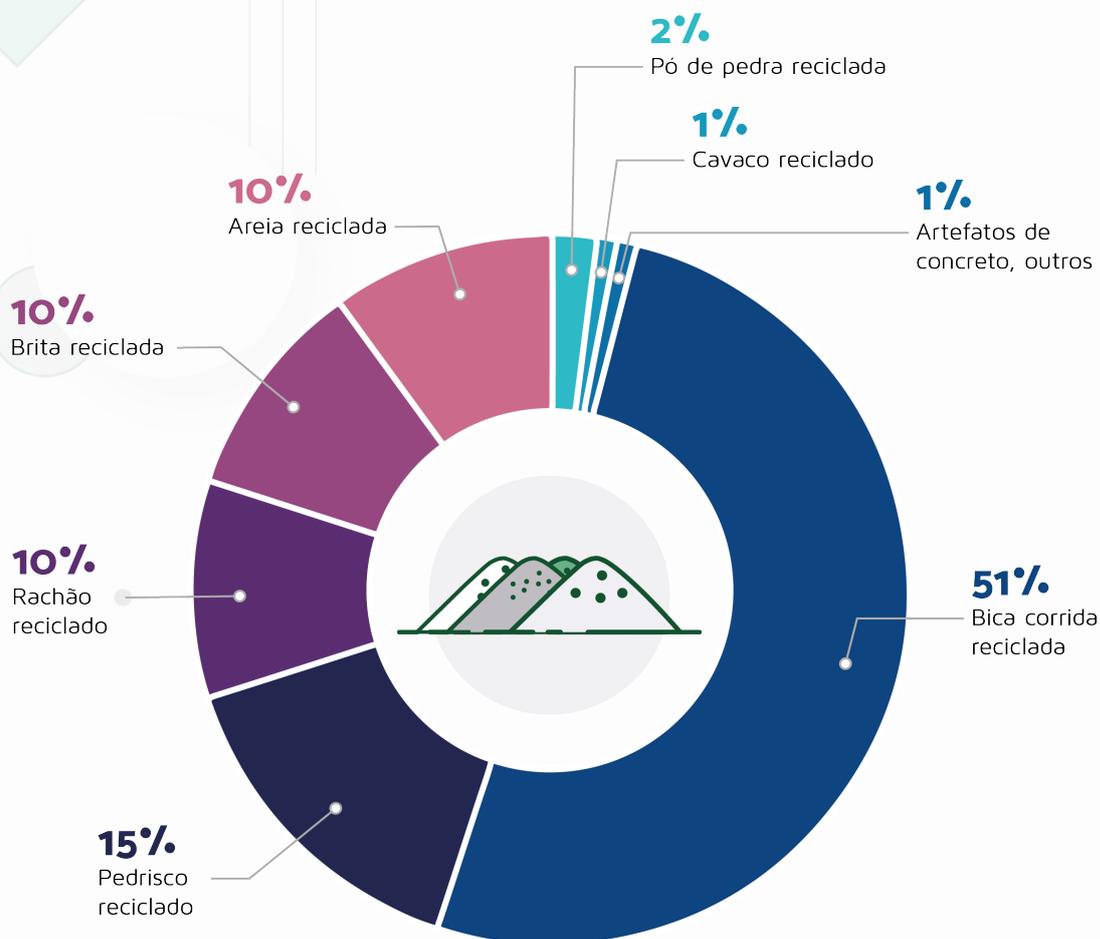


Figura 45 – Distribuição dos tipos de materiais reciclados fornecidos pelas usinas.

3.8 PESQUISA SETORIAL COMPLEMENTAR: MUNICÍPIOS

3.8.1 Representatividade das respostas

Na pesquisa realizada junto às cidades, 92 municípios brasileiros responderam às perguntas elaboradas pela Pesquisa Setorial 2019/2020 (Figura 46). 1/3 das respostas (cerca de 31 municípios) foram obtidas de municípios situados no estado de São Paulo. Mais da metade das respostas (aproximadamente 60 municípios) foram obtidas nos estados localizados nas regiões Sudeste e Sul, como Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul. Para alguns estados, nenhuma resposta foi obtida, o que torna difícil compreender a real situação do estado em termos de atendimento de legislações ambientais.

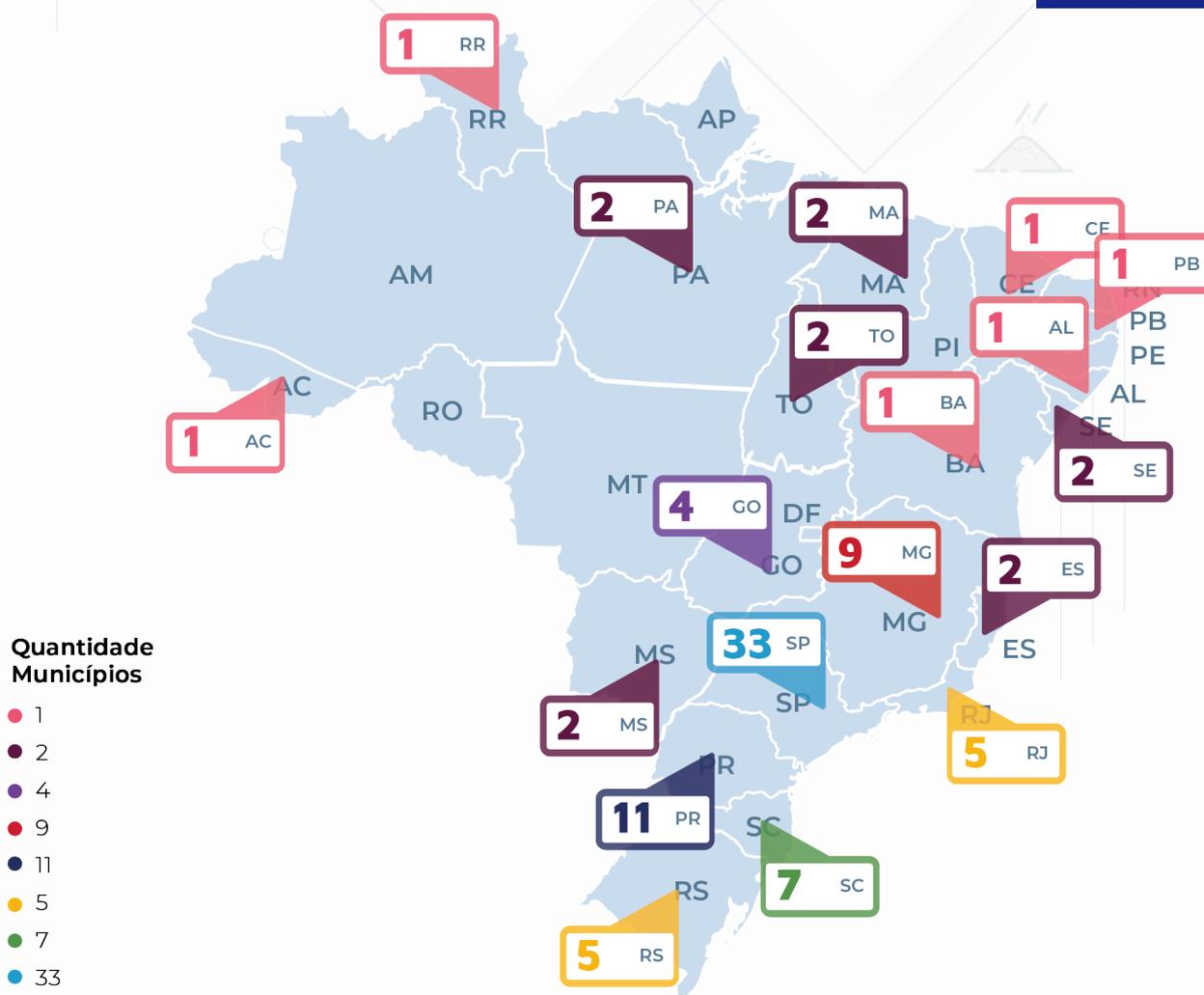


Figura 46 – Quantidade de municípios por estado que responderam à pesquisa setorial 2019/2020. Em cinza claro, os estados, incluindo o DF, que não possuem cidades participantes na pesquisa.

No Brasil existe aproximadamente 5.500 municípios. Em cada estado, aproximadamente 2% do total de municípios participou respondendo aos questionários, conforme apresentado na Figura 47. As respostas obtidas pelos municípios são expressivas, embora possa não ser suficientemente representativa. Os maiores percentuais de respostas foram obtidos nas regiões Sudeste e Sul, e alguns estados da região Norte, que são regiões menos densamente povoadas e possuem menor quantidade de municípios no estado.

Cidades de cada estado que participaram da pesquisa

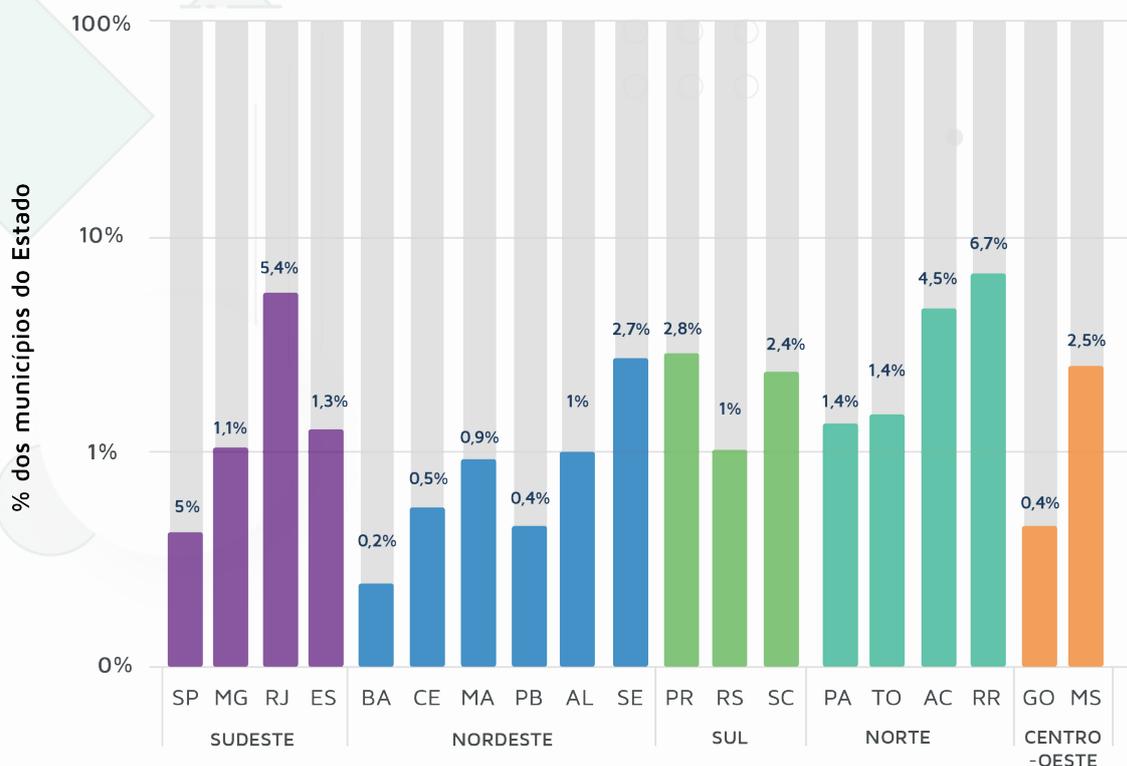


Figura 47 – Porcentagem das cidades de cada estado que participaram da pesquisa [24]. A escala do eixo Y é logarítmica.

Quando analisamos a porcentagem da população que vive nos estados participantes da pesquisa, apresentado na Figura 48, as respostas são mais representativas, pois nestas localidades são atendidas em média 30% de sua população. As respostas dos municípios são ainda mais representativas em alguns estados brasileiros em termos de cobertura da população, como Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás, Sergipe, Ceará, Acre e Roraima.

Cidades de cada estado que participaram da pesquisa

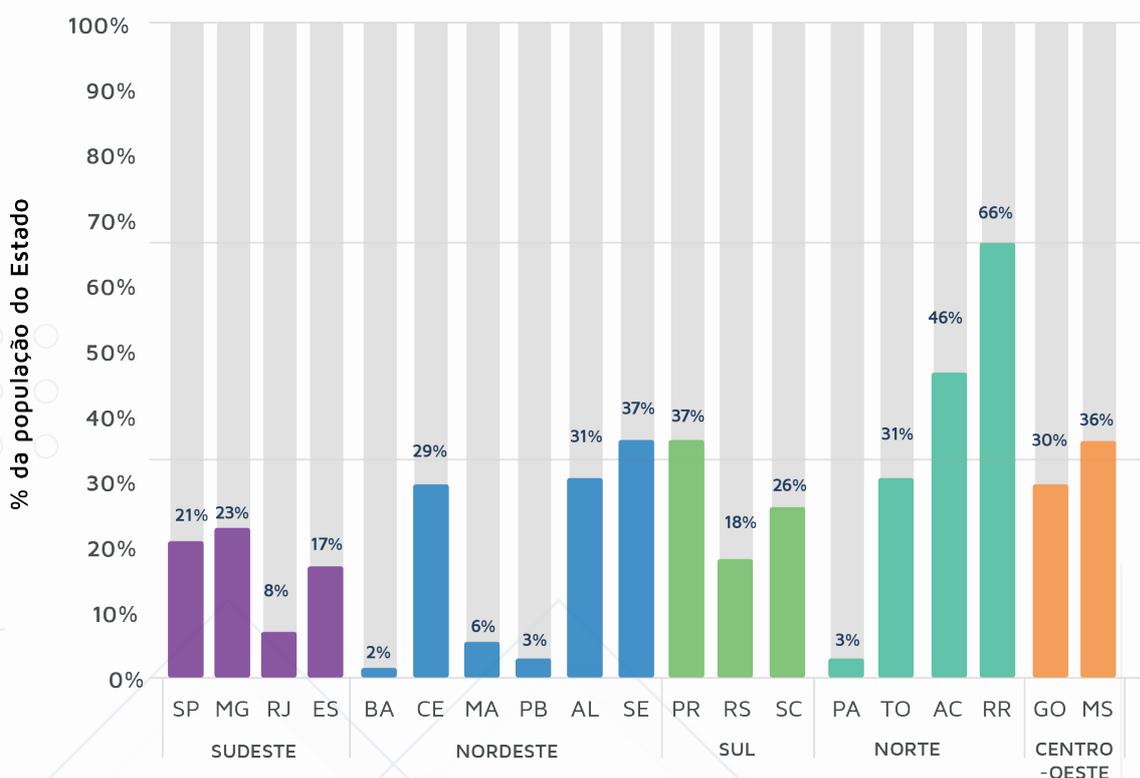


Figura 48 – Porcentagem da população do estado que participaram da pesquisa [24].

3.8.2 Existência de Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (PGRCC)

Dos 90 municípios que responderam à pergunta sobre existência do plano de gerenciamento de resíduos de construção civil (PGRCC) na pesquisa complementar, a maioria está concentrada nas regiões Sul e Sudeste, conforme ilustra a Figura 49, mais especificamente nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Minas Gerais.

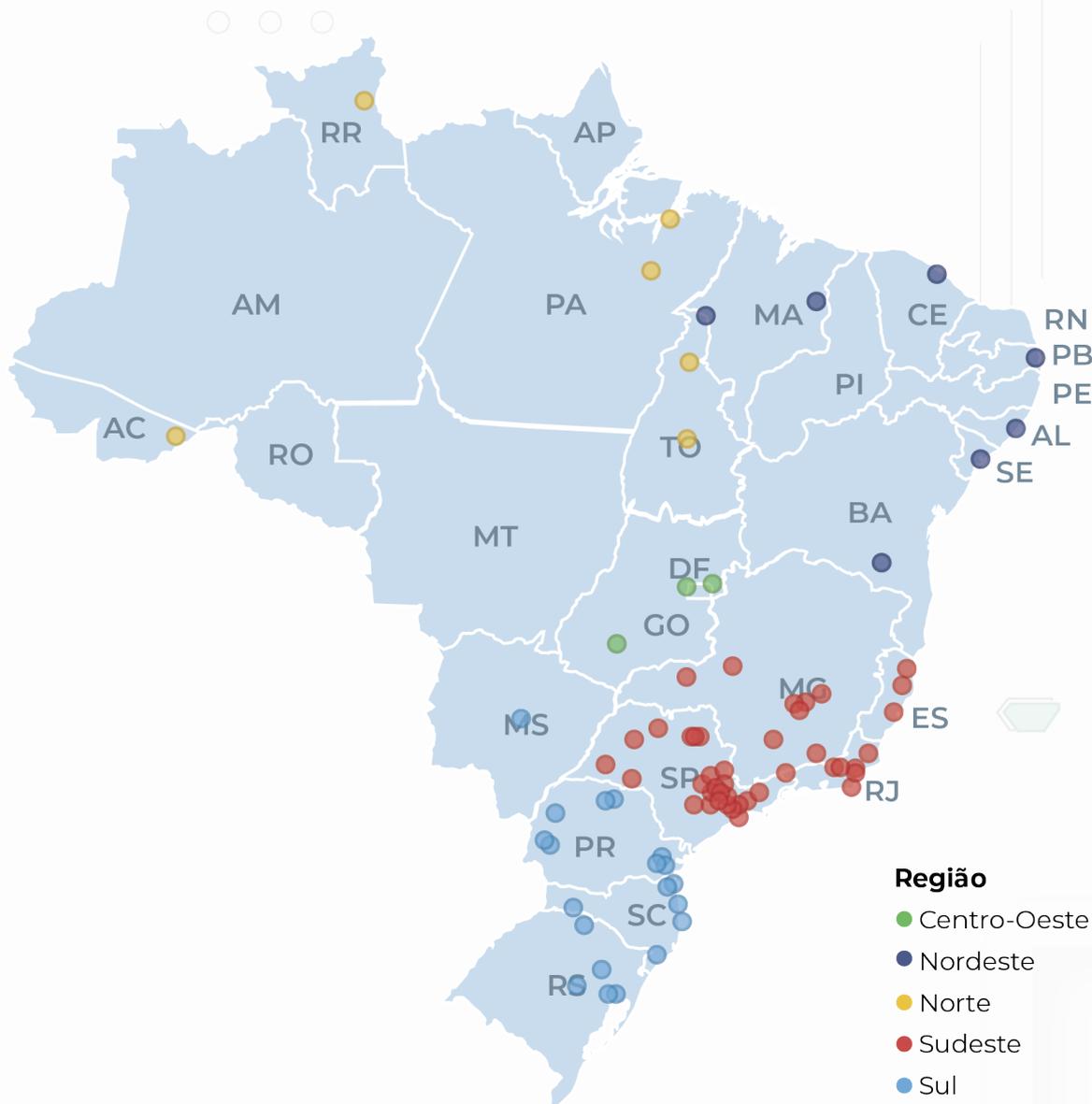


Figura 49 – Localização dos municípios que responderam à pergunta setorial sobre existência de plano de gestão de resíduos. Entre as cidades que responderam à pesquisa, apenas duas não responderam a essa pergunta.

A maioria dos participantes (74 destes municípios) afirma possuir PGRCC municipal, apenas 7 municípios afirmam não o ter. Metade das cidades participantes (49 municípios) está localizada na região Sudeste, 2/3 desses no estado de São Paulo (33 municípios), como apresentado na Figura 50. Na região Sul, 19 municípios declaram possuir planos de gerenciamento, sendo metade destes (9 municípios) no Paraná. Nessas duas regiões se concentram grande parte das usinas brasileiras. Nas demais regiões brasileiras, apesar de poucos municípios terem respondido, a representação populacional é relevante (em média 20%), e a maior parte dos municípios indicaram ter planos. Poucos dos municípios que responderam à pesquisa indicam não haver plano, o que parece coerente, haja vista que os municípios que consideram o problema mais relevante tendem a responder ao questionário.

É evidente não ser necessário cobrir todos os municípios, simplesmente os mais representativos em termos de população, ou por agrupamentos de municípios. Mas há nitidamente carência na implementação de planos em diferentes estados da região Nordeste, como Bahia, Paraíba e Maranhão, estados da região Sudeste, como Rio de Janeiro e Espírito Santo, e do estado do Pará na região Norte.

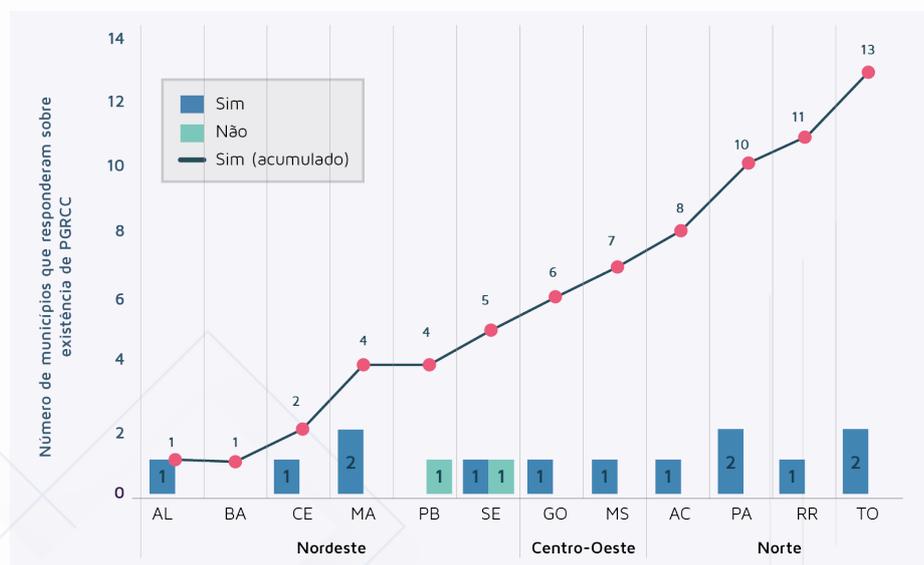
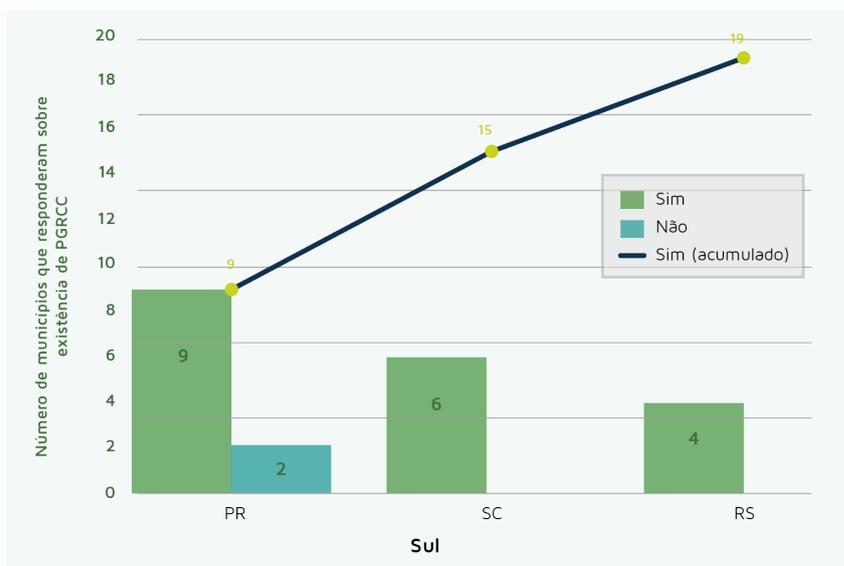
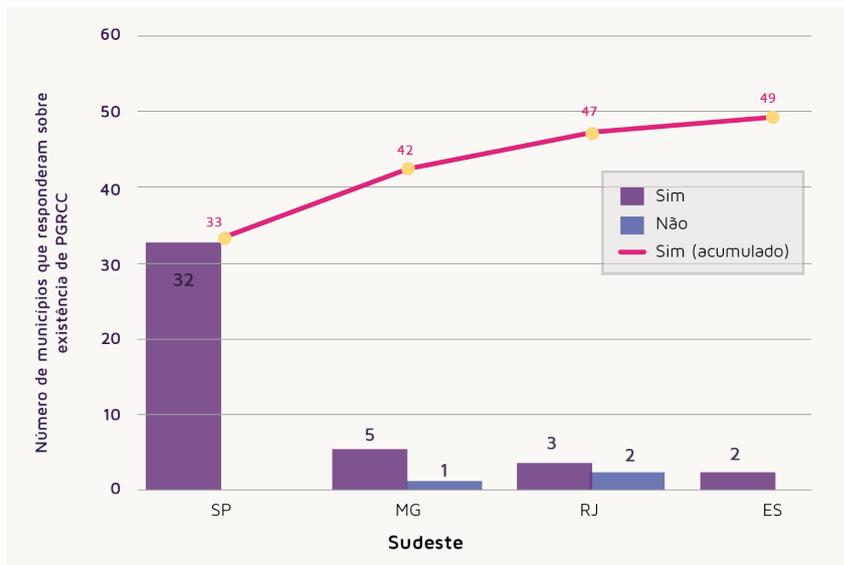


Figura 50 – Respostas dos municípios à pesquisa complementar referentes à existência de Planos de Gerenciamento de Resíduos nos municípios das diferentes regiões brasileiras. Entre os 90 municípios que responderam a essa questão, 09 estão na fase de processo de implementação, por isso não constam no quantitativo acima.

3.8.3 Destino do RCD nos municípios

Dos 83 municípios que responderam à pesquisa complementar sobre o destino do RCD, a maioria (mais de 60 municípios) está localizada nas regiões Sudeste e Sul, com pouca informação das demais regiões, como indica a Figura 51. Ressalta-se, novamente, que os dados atendem a 20% da população brasileira, em média.

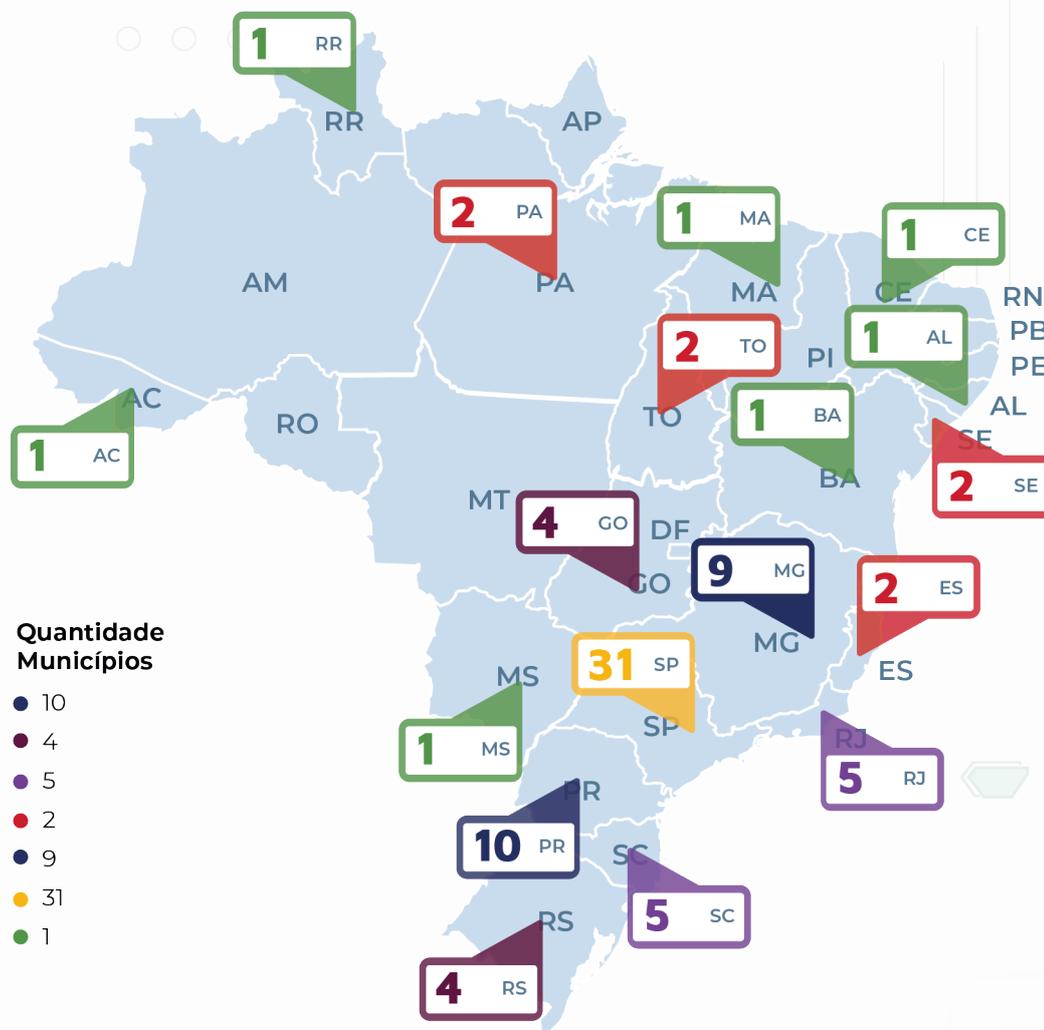


Figura 51 – Municípios que informaram o destino do RCD nos diferentes estados brasileiros. Entre os municípios que participaram da pesquisa, 09 não responderam a essa questão.

Novamente se confirma que principalmente nos municípios dos estados das regiões Sudeste, Sul e Nordeste são identificadas as usinas de reciclagem como local para destino do RCD, como apresentado na Figura 52. Nota-se ainda a grande predominância de soluções de aterros voltados para resíduos de construção civil, locais que são entendidos mais como reservas de recursos no contexto de mineração urbana, do que uma solução efetiva de reciclagem do material, pois não transformam os resíduos em agregados reciclados ou outros produtos para a construção civil (pavimentos, materiais cimentícios). Isso confirma a necessidade de expandir a comercialização de A.R., pois a falta de uso para o agregado reciclado obriga as usinas a doarem o material e, com isso, ser possível processar mais RCD nas usinas. A prática de cobrar no recebimento, não na venda do agregado reciclado, prejudica o mercado.

RESULTADOS

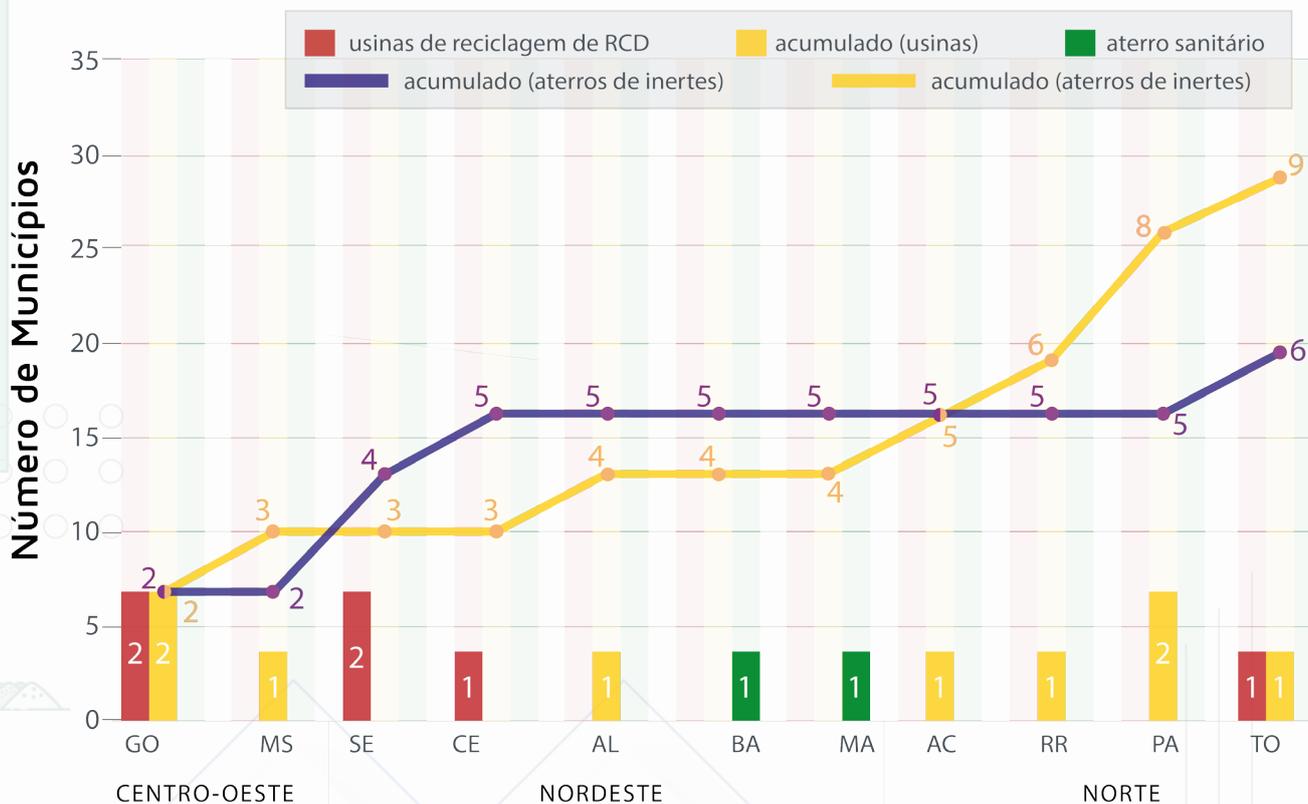
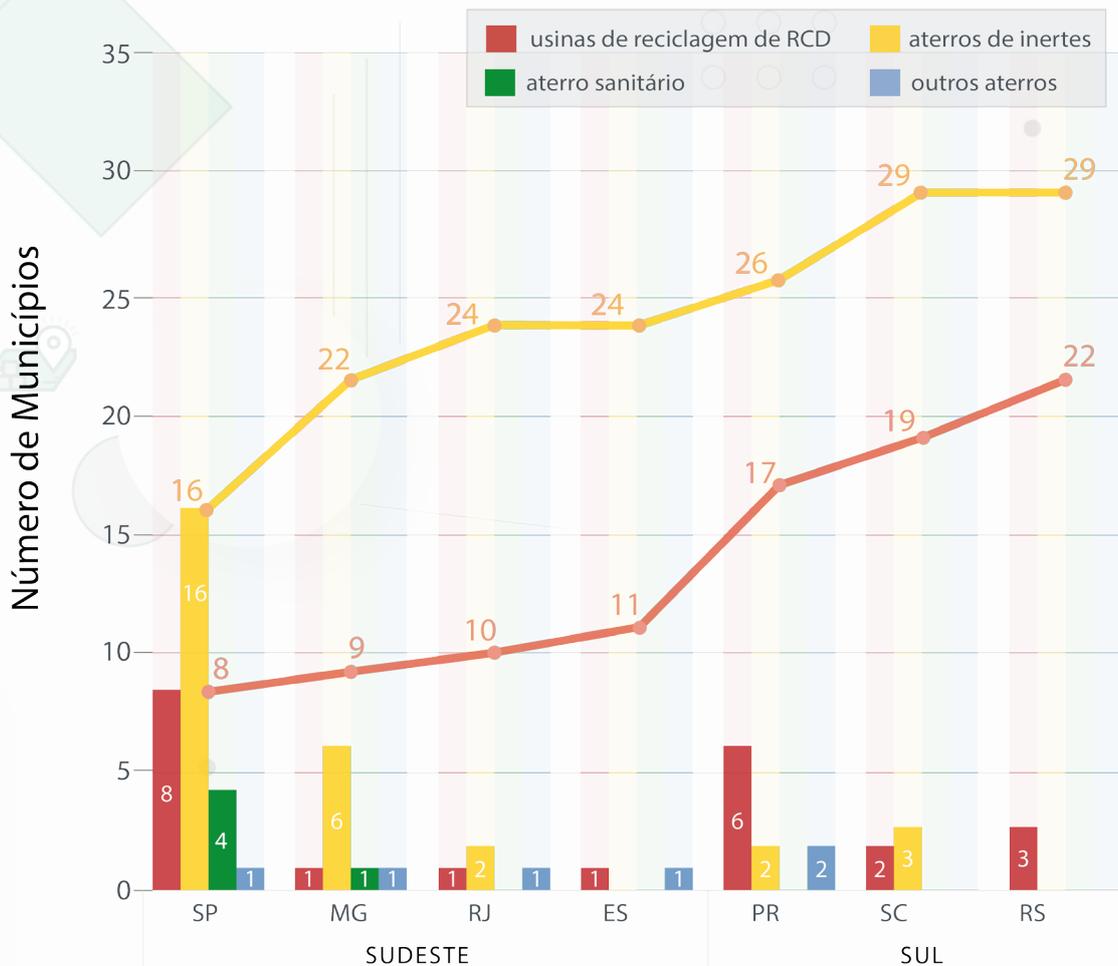


Figura 52 – Destinação dos resíduos de construção e demolição nos municípios e diferentes estados brasileiros. 83 das 92 cidades que participaram da pesquisa responderam a essa questão.

A cobrança pela recepção dos resíduos e doação do agregado reciclado é um problema que compromete o mercado consumidor de material, e reduz a possibilidade de a própria usina estabelecer uma margem de lucro sobre os produtos ou até auferir receita com a venda do A.R.

Mesmo nos locais onde há maior implantação de planos de gestão de resíduos e usinas de reciclagem, há ainda municípios que declaram destinar seus resíduos em aterros sanitários ou outros aterros (o que pode se entender com aterro Classe II A de resíduos não inertes ou aterros ilegais, dependendo das condições de saneamento ambiental dos municípios), o que é claramente proibido pela Resolução CONAMA 307 (Lei nº 12.305/2010) e vai contra os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Apesar de todo o esforço da agência e da secretaria estaduais do meio ambiente, o estado de São Paulo até hoje não conseguiu banir os lixões como opções de descarte de resíduos sólidos no meio urbano. O mesmo ocorre no estado de Pernambuco, onde apesar de maior parte da população ter seus resíduos sólidos descartados de forma adequada, cerca de 40% dos municípios ainda sofrem com a existência de lixões [58]. Infelizmente esse cenário de descarte de resíduos sólidos em lixões também é um problema em outras regiões do Brasil.

Em municípios que não possuem PGRCC, o descarte em aterros sanitários ou outros tipos de aterros é uma realidade, que pode incluir os clandestinos e irregulares. Poucos municípios reconhecem os ecopontos ou PEVs (Pontos de Entrega Voluntária de RCD), locais que captam o RCD gerado pela população (pequeno gerador) em reformas e construções informais, pouco empregado como solução de destino do material. Embora essa fração seja bem representativa, o transporte do material acaba sendo realizado em caçambas, que depende da decisão do cidadão em contratar uma empresa que opera de forma regular ou não. Sabe-se que a taxa de informalidade e transporte clandestino de resíduos do setor de caçambas pode ser alto em alguns municípios brasileiros.

A Figura 53 apresenta o número de cidades por região do Brasil que responderam sobre a existência de aterros clandestinos. Municípios que implantaram o PGRCC acabam por identificar aterros clandestinos. Em municípios onde há dificuldade de implementar PGRCC, aterros clandestinos existem, mas não são percebidos, ou seja, acabam ignorados.

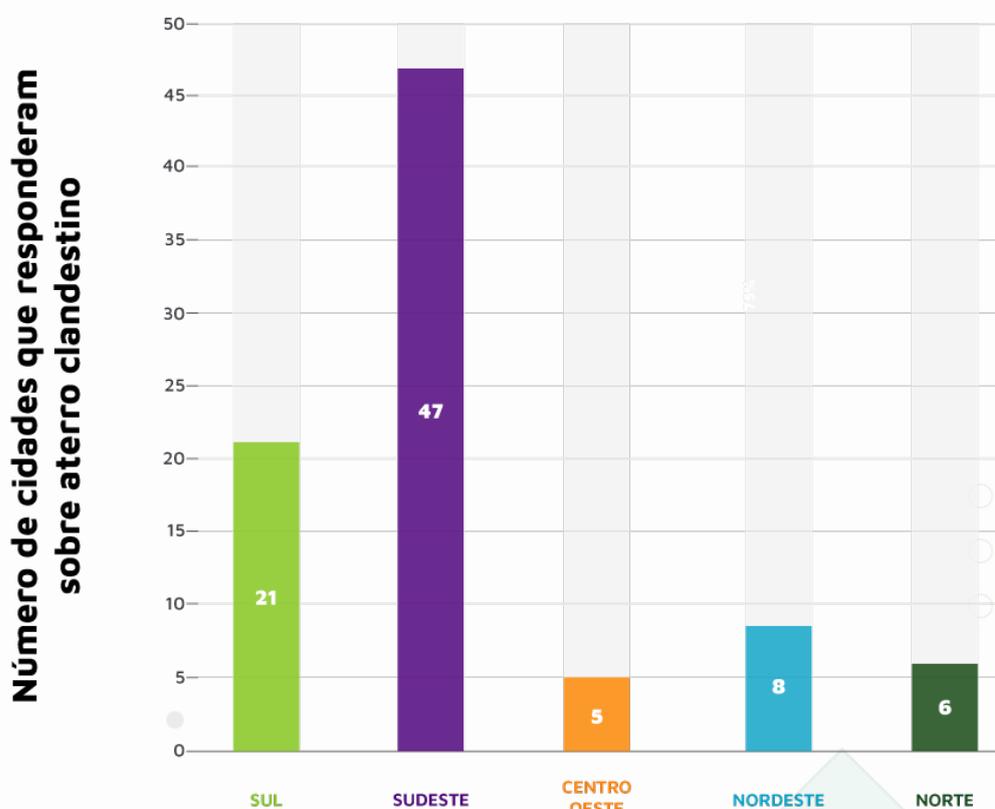


Figura 53 – Número de municípios por região que identificaram a presença ou não de aterros clandestinos. Entre as cidades participantes da pesquisa, 05 não responderam a essa questão.

3.8.4 Política de compra de agregados reciclados

Dos 81 municípios que responderam à pergunta da pesquisa complementar sobre uso de agregados reciclados na cidade, a maioria (cerca de 52 municípios) informa não usar, como apresentado na Figura 54. Essa realidade só é diferente nos estados de São Paulo, de Minas Gerais e no Paraná, onde cerca de metade dos municípios afirma fazer uso dos agregados reciclados, possivelmente em razão da maior quantidade de usinas de reciclagem em operação nessas regiões.

O consumo de agregado reciclado pelo poder público está associado à oferta de material na região e as características das obras nos municípios. Isso ocorre em São Paulo, parte dos estados de Minas Gerais e nas regiões do norte e noroeste paraense, Região Metropolitana de Curitiba, sul de Minas Gerais e Triângulo Mineiro.

É importante ressaltar que alguns municípios não entendem com profundidade a questão e confundem aproveitamento do resíduo (bruto, sem processamento) com agregado reciclado. Assim, muitas cidades usam informalmente o material, sem ter conhecimento que o faz ou adequado tecnicamente.

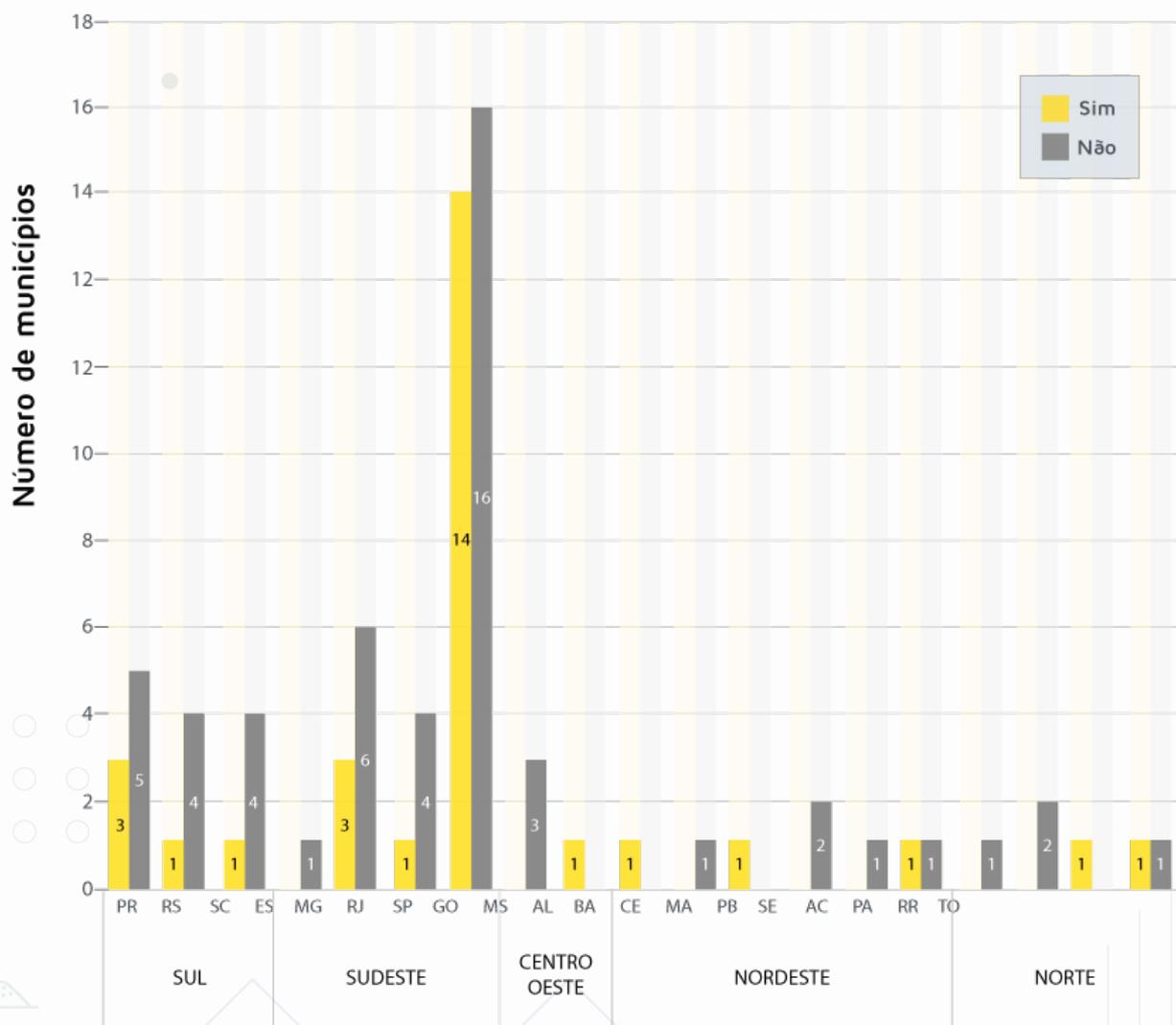


Figura 54 – Número de municípios que declaram usar agregado reciclado, divididos por estados e regiões brasileiras. 10 cidades não responderam a essa questão e 01 não soube responder.

3.9 PESQUISA SETORIAL COMPLEMENTAR: GOVERNOS E MINISTÉRIOS PÚBLICOS

3.9.1 Governos Estaduais

Na pesquisa complementar junto aos Governos Estaduais, 15 dos 26 estados e o Distrito Federal (aproximadamente 56%) indicam que o destino do RCD nestas localidades é feito em usinas de reciclagem ou aterros de inertes, como apresentado na Figura 55. No entanto, quase metade dos estados ainda indicam destinações impróprias para o RCD, tais como aterros sanitários (local de destino proibido pela resolução CONAMA 307 e Lei nº 12.305/2010) e outros aterros (que pode incluir áreas de descarte irregular e clandestino). 6 estados (quase 30%) não retornaram a resposta sobre o destino dos seus resíduos de construção e demolição.

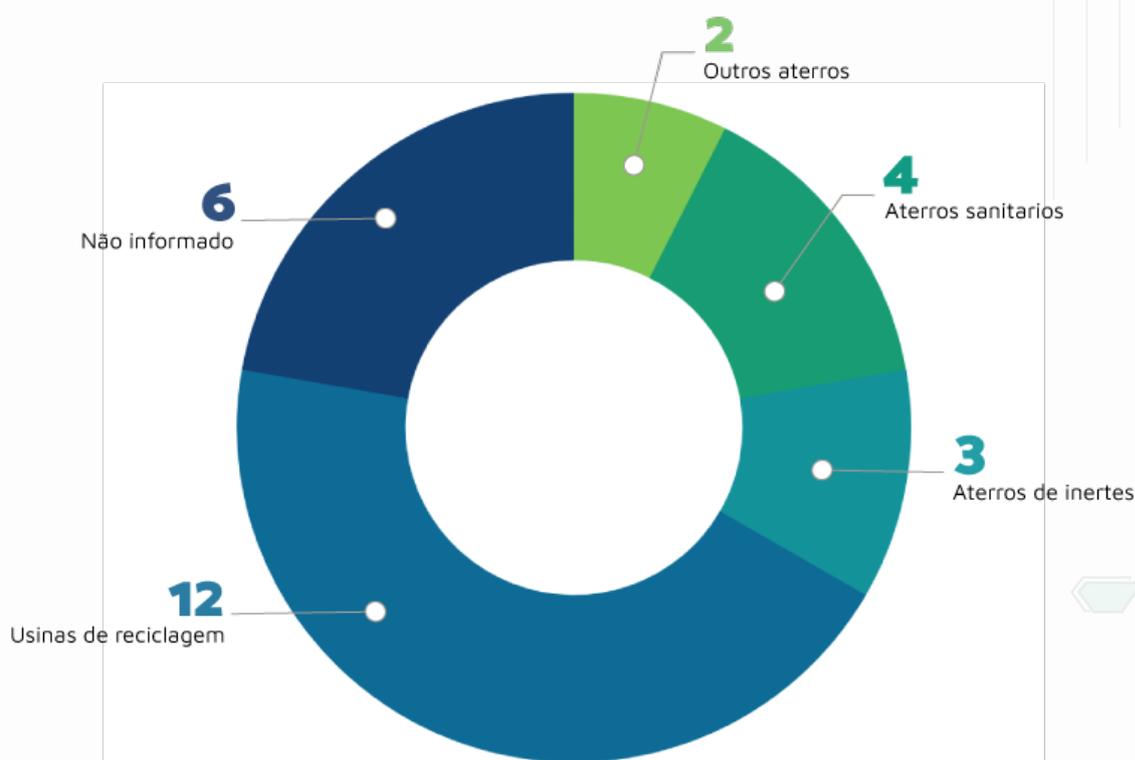


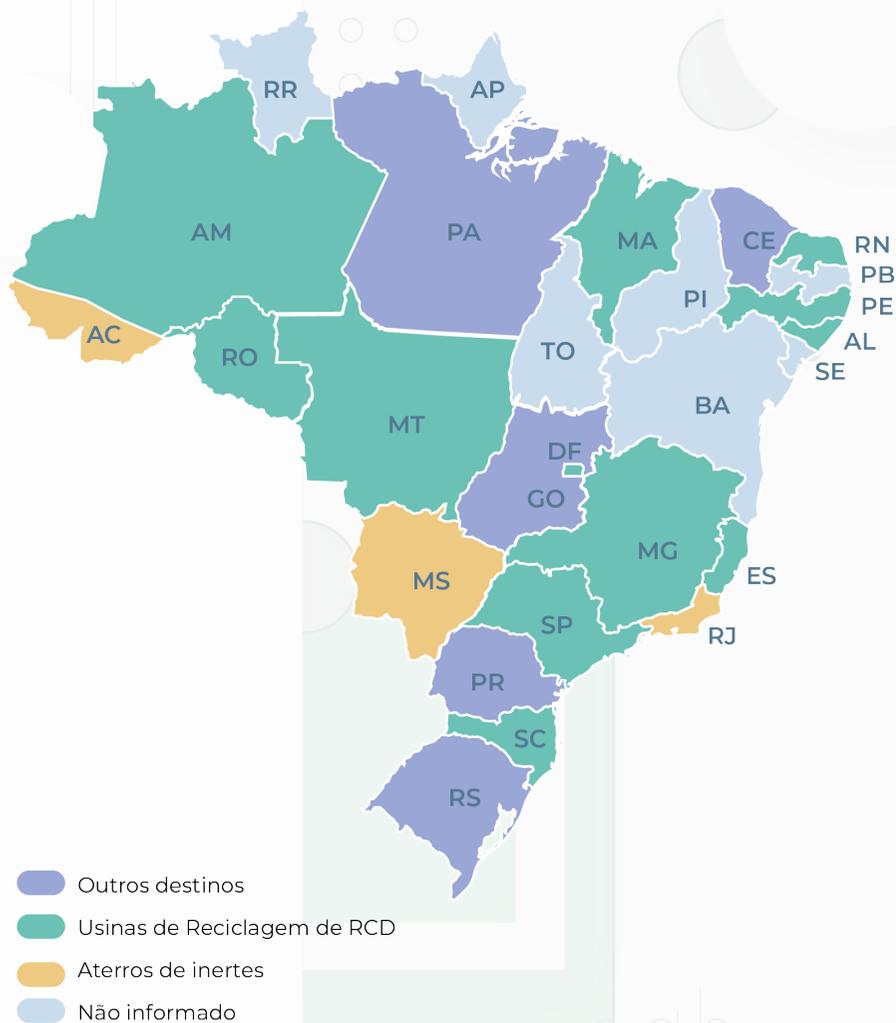
Figura 55 – Destino do RCD segundo os Governos Estaduais.

Destinações impróprias para o RCD aparecem indicadas em praticamente todas as regiões brasileiras. A Figura 56 mostra que nas regiões Sudeste e Centro-Oeste a maioria dos estados (maior do que 70%) indicou haver soluções adequadas para o destino do RCD. Nas demais regiões, esse índice é menor que 50%, havendo ainda a prática de destinação imprópria predominando nos estados.

13 dos 27 estados (aproximadamente 48%) indicaram haver a existência de planos de gestão para os resíduos da construção, também apresentado na Figura 56. Esses planos são fundamentais para a estruturação da rede de reciclagem nos maiores aglomerados urbanos e consórcios intermunicipais (para os municípios de pequeno porte). A parcela não informada foi alta, quase 30%, enquanto 5 estados (cerca de 20%) afirmaram não ter plano estadual de gerenciamento de resíduos e que aborde a questão dos resíduos da construção.

Dada a pouca disseminação dos planos de gestão de resíduos da construção em alguns estados, ainda é preponderante a concepção errônea de que não há aterros clandestinos de RCD nos estados, como indica a Figura 57. 12 dos 27 estados (quase 40%) afirmam não haver aterros clandestinos desta natureza nos estados.

Destino do RCD segundo estados



Existência de PGR segundo estados

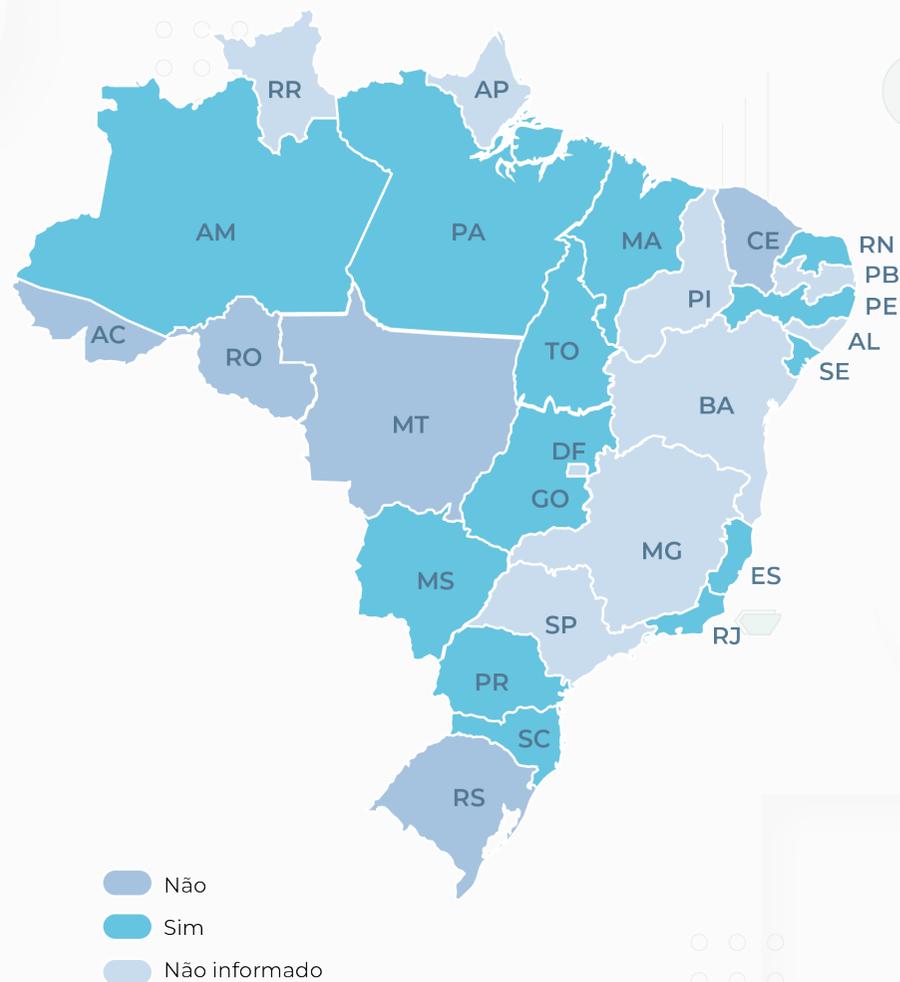


Figura 56 – Tipos de destino do RCD (à esquerda), e existência de plano de gestão de resíduos (à direita) informado pelos Governos Estaduais.

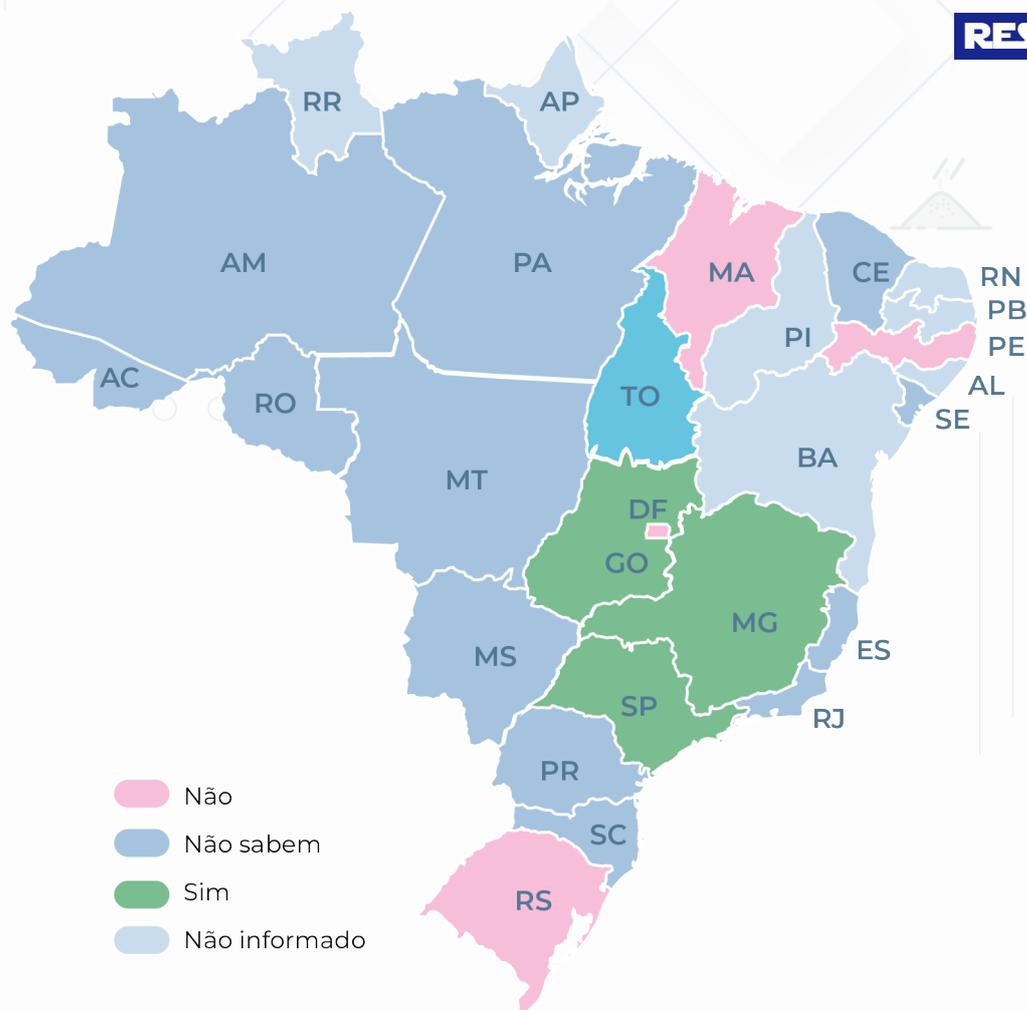


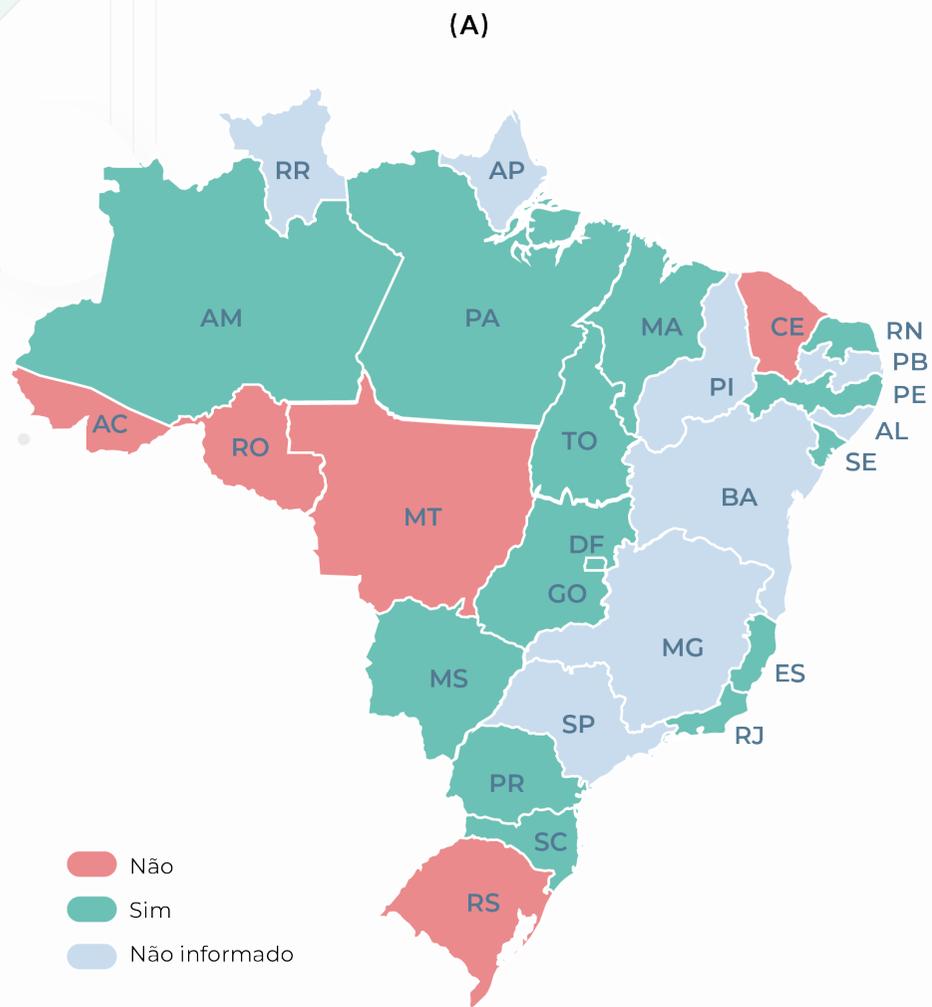
Figura 57 – Respostas dos Governos Estaduais sobre a conhecimento da existência de aterro clandestino.

3.9.2 Junto aos Ministérios Públicos Estaduais

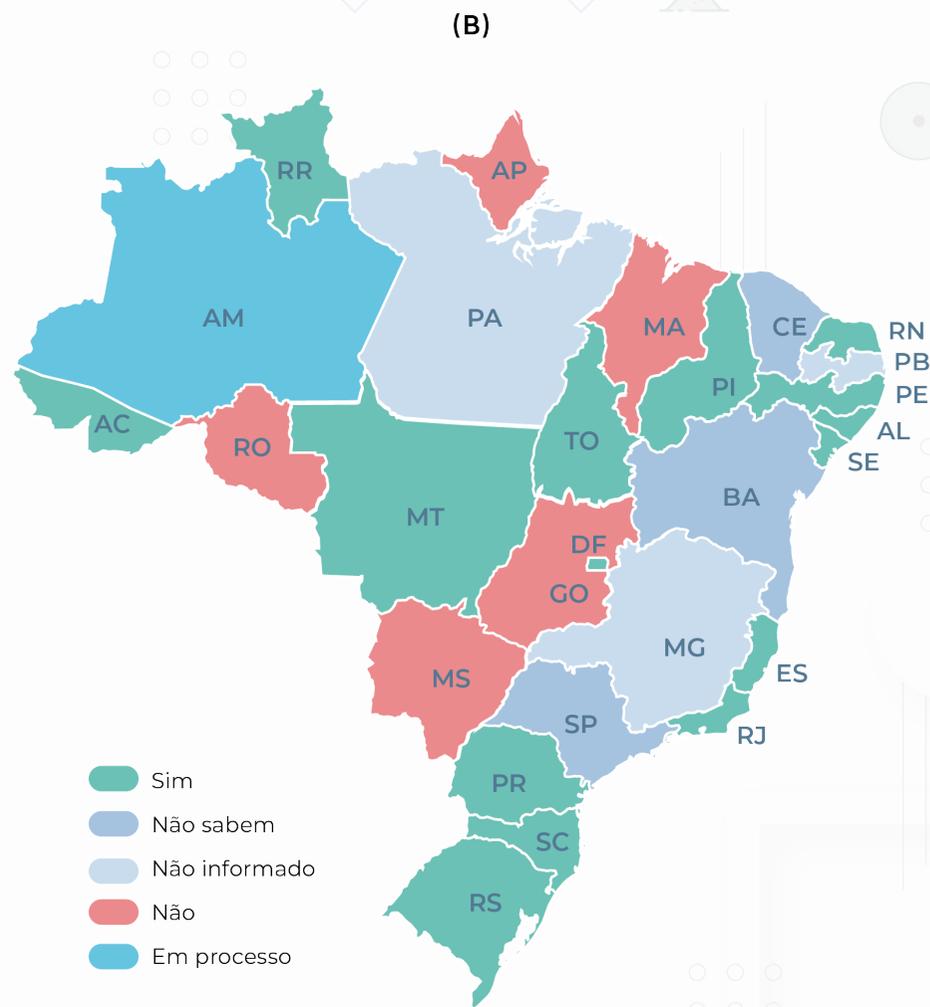
Com relação à existência de planos de gerenciamento de resíduos no estado, há diferenças entre as respostas coletadas nos Governos Estaduais e nos Ministérios Públicos Estaduais, como mostra a Figura 58. Apesar da não formalização dos planos estaduais em alguns estados, identifica-se a existência de planos de gerenciamento em estados complementares, sendo possível afirmar que em pelo menos metade dos estados brasileiros há algum tipo de ação voltada para a elaboração de planos de gerenciamento de resíduos.

Houve manifestação da inexistência de plano estadual de gerenciamento de resíduos sólidos de acordo com os Ministérios Públicos Estaduais de cinco estados (estados situados nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste), onde três destas estão coerentes com as manifestações feitas pelos Governos Estaduais. Em outros dois casos, há divergências entre as informações prestadas pelo Ministério Público Estadual e Governo do Estado, um destes na região Sul.

19 dos 27 Ministérios Públicos Estaduais (aproximadamente 70%) manifestaram estar atentos ao seguimento da resolução CONAMA 307 e Lei nº 12.305/2010, como apresenta a Figura 59. Isso indica amplo reconhecimento nacional do conteúdo desta resolução, e até mesmo ciência do conteúdo da Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei nº 12.305/2010.



(A) Respostas dos Governos Estaduais



(B) Respostas dos Ministérios Públicos

Figura 58 - Comparação das respostas sobre a existência de PGRCC de acordo com órgãos estaduais - (a) Governos Estaduais e (b) Ministérios Públicos.

You Tube

TUTORIAIS | DICAS
ESTUDOS DE CASO
CURIOSIDADES | ENTREVISTAS



INSCREVA-SE
NO CANAL

**AQUI O
ASSUNTO
É RCD**



www.youtube.com/c/AbreconTV

Construindo
relações
sustentáveis

abrecon
Associação Brasileira para Reciclagem de
Resíduos da Construção Civil e Demolição

abrecon
Associação Brasileira para Reciclagem de
Resíduos da Construção Civil e Demolição

abrecon.org.br

ASSOCIE-SE

Dê um passo adiante para
o sucesso da sua usina



Venda mais
agregado



Suporte para a
obtenção de licenças



Acesso VIP a
eventos exclusivos

abrecon
Associação Brasileira para Reciclagem de
Resíduos da Construção Civil e Demolição

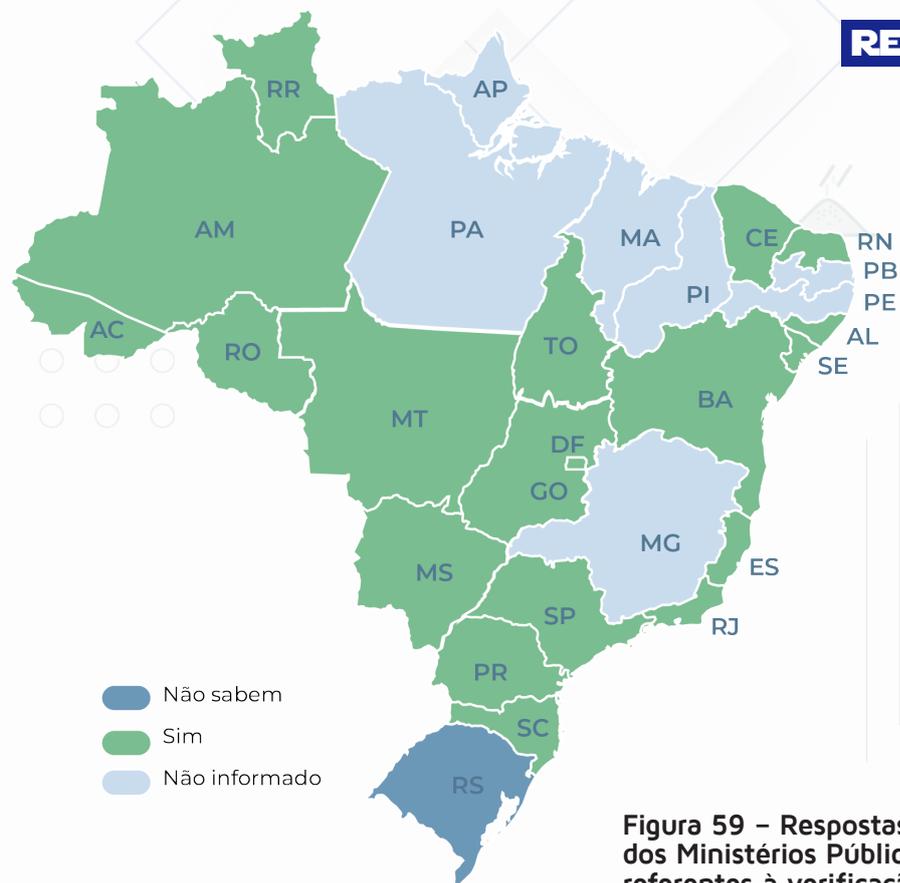


Figura 59 – Respostas recebidas dos Ministérios Públicos Estaduais referentes à verificação da aplicação da Resolução 307 do CONAMA, Lei nº 12.305/2010.

Somente os Ministérios Públicos de sete estados brasileiros (aproximadamente 26%) manifestaram ciência sobre denúncia envolvendo descarte irregular de resíduos de construção e demolição em aterros clandestinos, como mostra a Figura 60. Esse número é pouco frente à frequência observada em mídias sociais, tais como jornais e notícias pela internet.

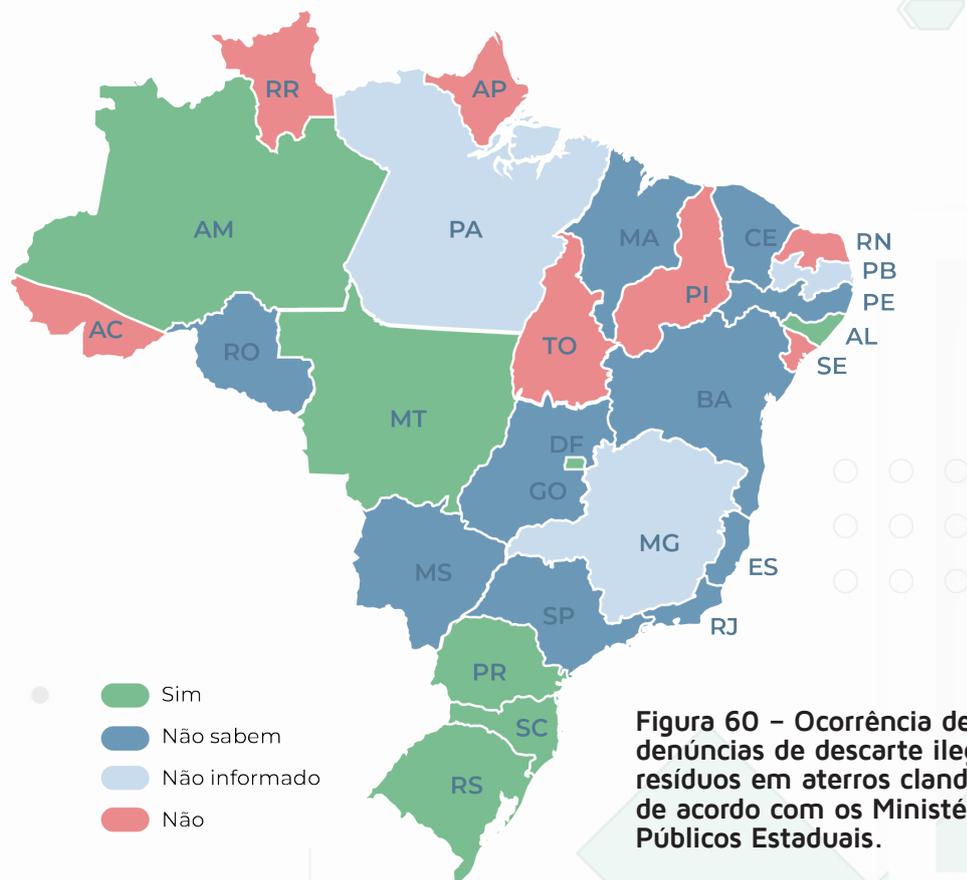


Figura 60 – Ocorrência de denúncias de descarte ilegal de resíduos em aterros clandestinos, de acordo com os Ministérios Públicos Estaduais.

3.10 PESQUISA SETORIAL COMPLEMENTAR - TRANSPORTADORES DE RESÍDUOS

A Figura 61 indica por estado quantas empresas transportadoras responderam à pesquisa. Foram consideradas 75 respostas válidas, no entanto quatro empresas não informaram onde estão localizadas. Por esse motivo, quando forem realizadas análises regionais, as respostas das mesmas não serão consideradas. No mapa observa-se que nos estados de Roraima, Amapá, Piauí, Pernambuco, Sergipe e Bahia não houve participação de empresas transportadoras. A maioria das respostas foi obtida nos estados das regiões Sul e Sudeste.

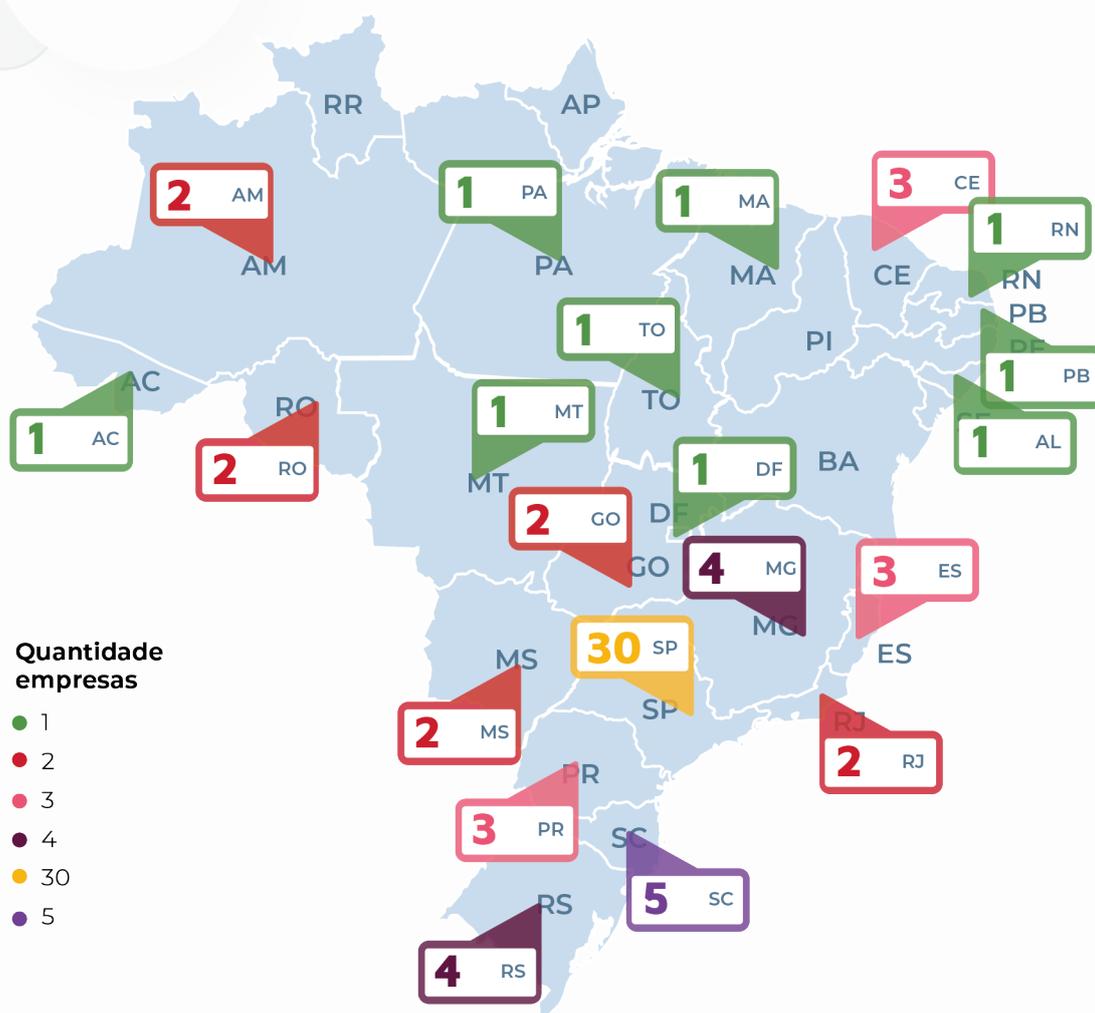


Figura 61 – Quantidade de empresas por estado que responderam à pesquisa junto às transportadoras de resíduos. Considerado 71 respostas válidas.

As empresas transportadoras que participaram da pesquisa indicaram prestar uma série de serviços relacionados ao transporte, mas também outros relacionados à reciclagem, como triagem, aproveitamento do material em aterros de resíduos inertes, ou transformação do material como agregado reciclado. Os serviços indicados pelas empresas participantes são apresentados na Figura 62.

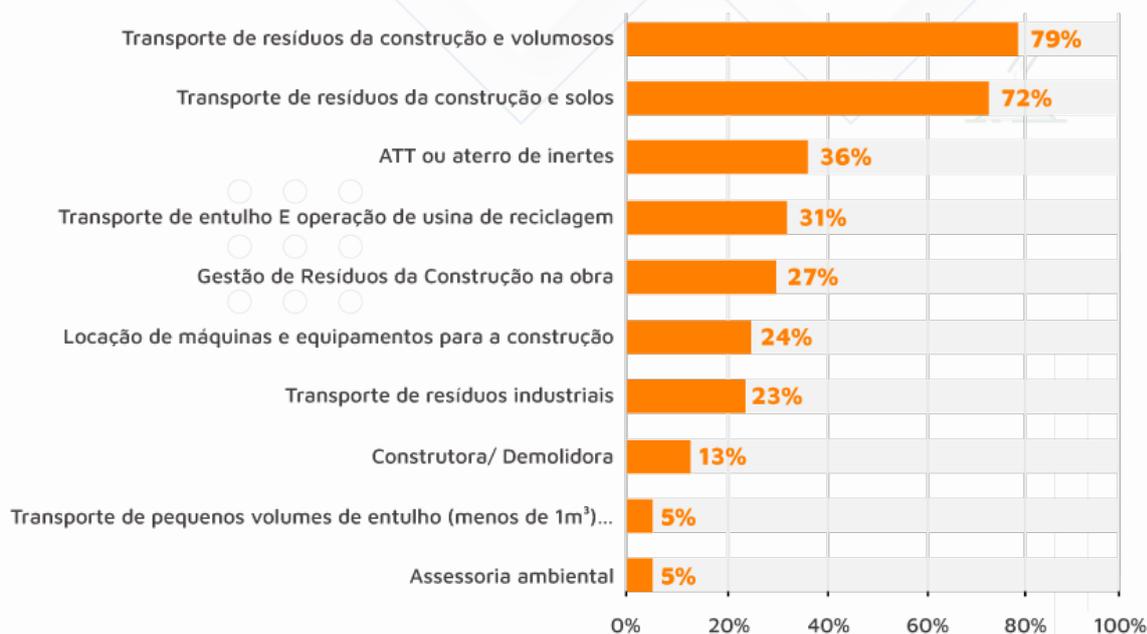


Figura 62 – Serviços prestados pelas empresas transportadoras que participaram da pesquisa. Uma empresa pode prestar um ou mais dos serviços listados. Considerado 75 respostas válidas.

As empresas informaram que os resíduos transportados por elas podem ter destinos variados, como mostra a Figura 63. O transporte de resíduos de construção da classe B são os mais comuns, tais como plásticos, madeira e gesso; e operam para atender mais as áreas de transbordo e triagem do que usinas de reciclagem ou aterros. Ainda, aterro sanitário aparece como forma de destinação, embora seja proibido essa forma de destino pela resolução CONAMA 307 (Lei nº 12.305/2010).

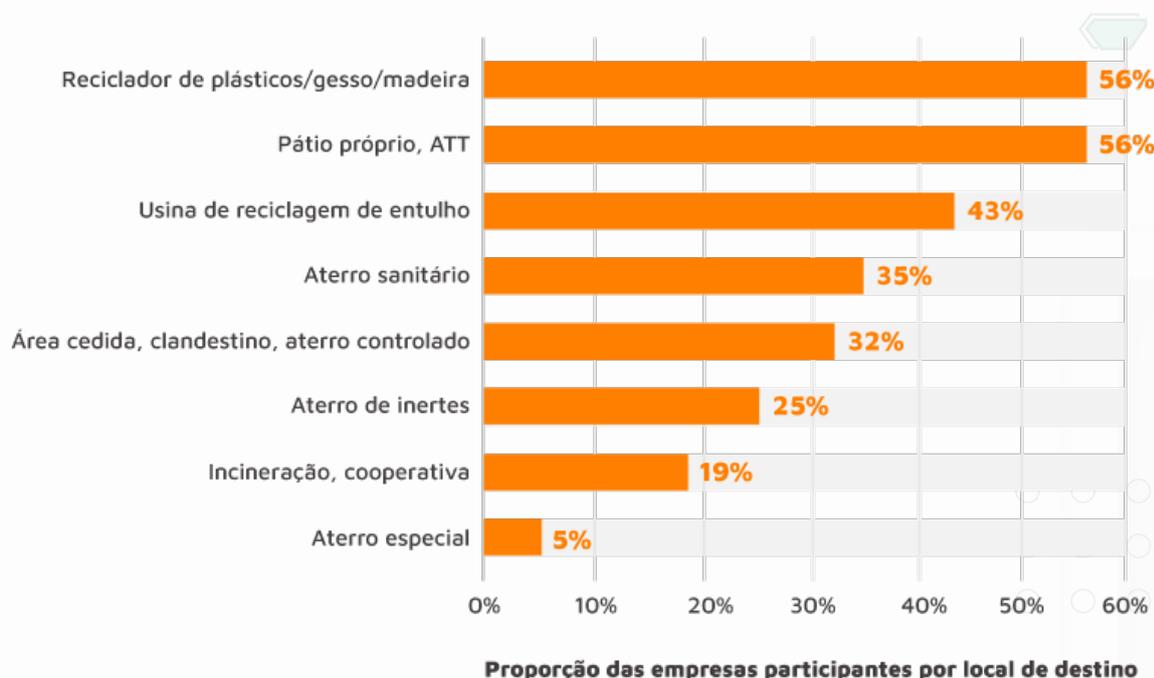


Figura 63 – Locais de destinos dos resíduos coletados informados pelas empresas participantes das pesquisas. Uma empresa pode ter selecionado um ou mais locais para onde direciona os resíduos coletados. Considerado 75 respostas válidas.

A maioria das transportadoras que participaram da pesquisa informaram que entregam uma via do CTR (Controle de Transporte de Resíduos) para o cliente, como apresentado na Figura 64. No entanto, cabe observar que as respostas das empresas participantes podem não representar a realidade dos estados.

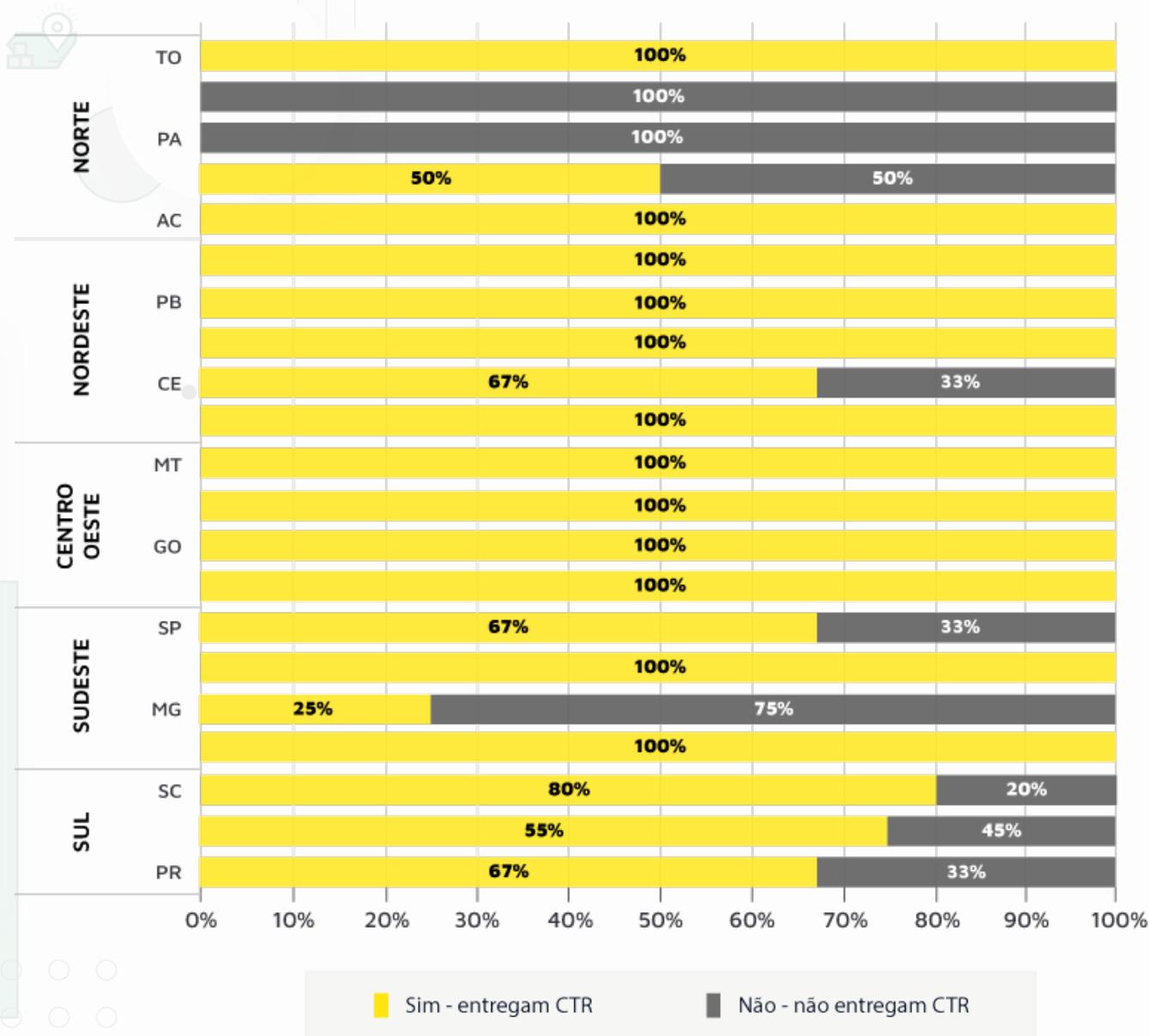


Figura 64 – Respostas das empresas transportadoras participantes da pesquisa referente à entrega do CTR aos seus clientes. Considerado 71 respostas válidas.

Comparando a entrega do CTR ao cliente com os volumes transportados, observou-se que quanto maiores os volumes de resíduos transportados, maior a frequência de entrega do CTR pelas empresas. A Figura 65 ilustra essa relação.

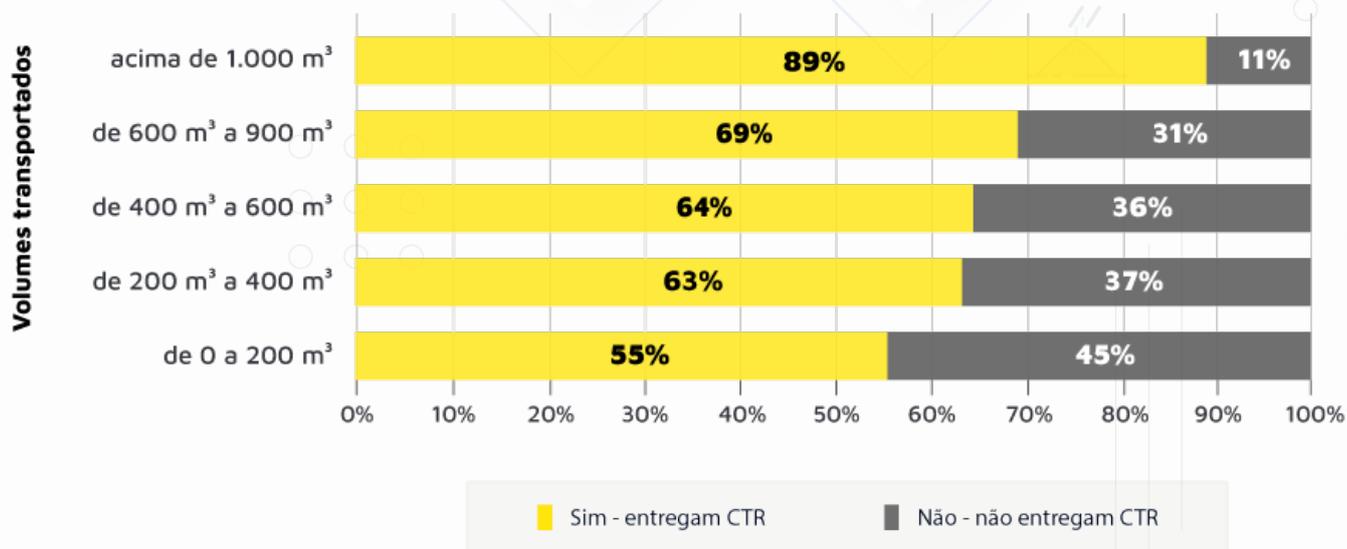


Figura 65 –Análise da relação dos volumes totais transportados por empresa e a entrega do CTR aos clientes. Considerado 75 respostas válidas.

As transportadoras informaram que nem sempre notificam os geradores sobre o local onde seus resíduos serão destinados, sendo uma condição mais vinculada à exigência das empresas de construção e demolição. A Figura 66 apresenta a frequência das respostas relacionadas com o volume transportado informado pelas empresas participantes.

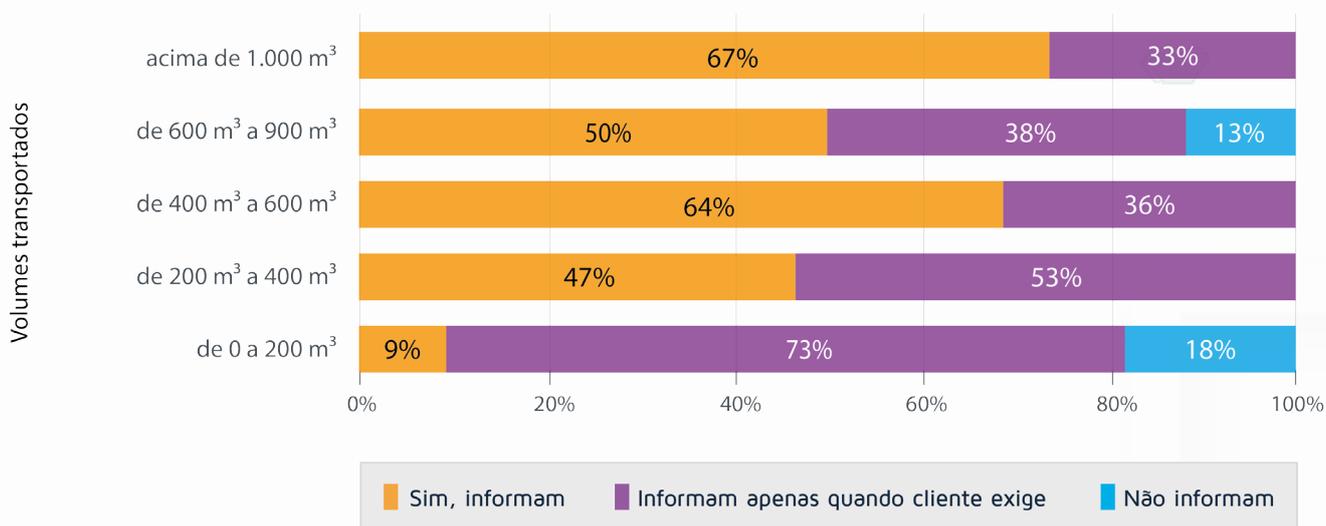


Figura 66 –Relação entre a notificação do destino dos resíduos aos clientes com os volumes totais transportados pelas empresas que participaram da pesquisa. Considerado 75 respostas válidas.

RESULTADOS

A Figura 67 apresenta a variação dos preços do serviço de locação da caçamba estacionária por metro cúbico. Não há relação direta com o volume transportado, mas sim condicionantes regionais relativos à forma de destinação de resíduos e custos envolvidos, tamanho da cidade e população residente.

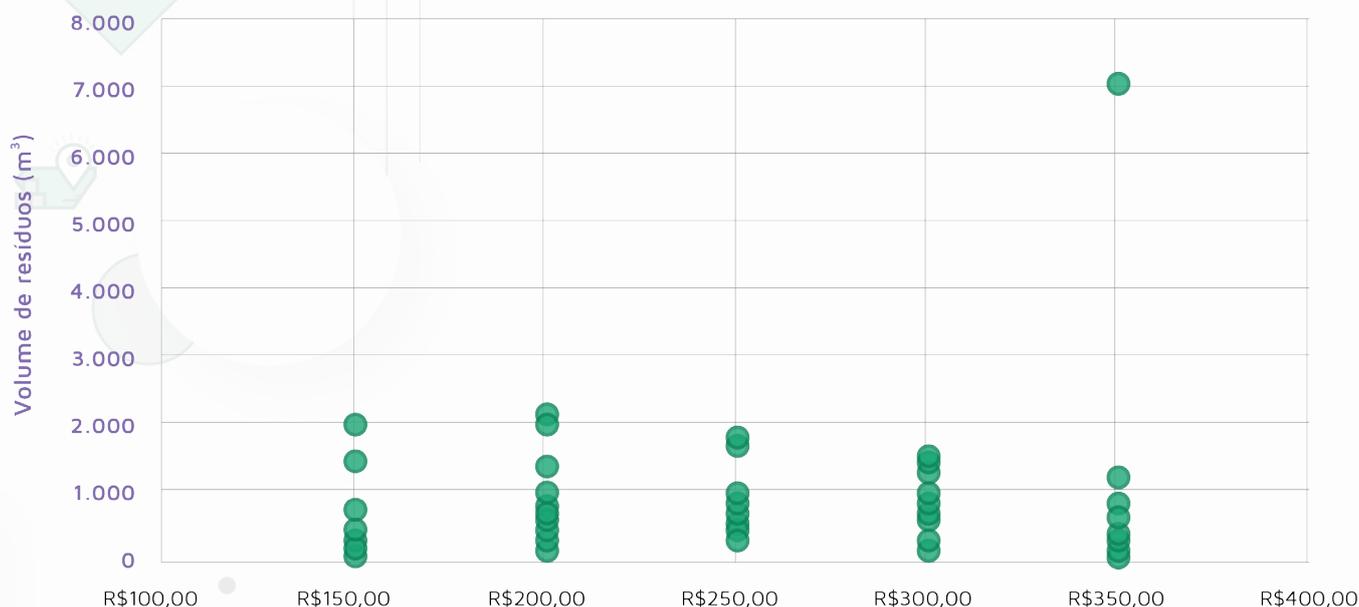


Figura 67 –Variação dos preços de locação da caçamba em relação aos volumes de resíduos transportados pelas empresas que participaram da pesquisa. Considerado 75 respostas válidas.

A Figura 68 mostra como os preços variam por região do país nas empresas transportadoras que participaram da pesquisa. Observa-se que a maioria das empresas que informaram possuir os maiores preços (acima de R\$ 300) estão localizados na região Sudeste. Todos os transportadores com os maiores valores estão localizados nas Regiões Metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília e Porto Alegre. A maior parte das empresas analisadas (cerca de 61%) possui preços inferiores a R\$ 250, estando localizadas tanto nos grandes centros urbanos (como Fortaleza/CE e São Paulo/SP) quanto em regiões mais afastadas dos aglomerados urbanos (como Chapecó/SC e Cacoal/RO).

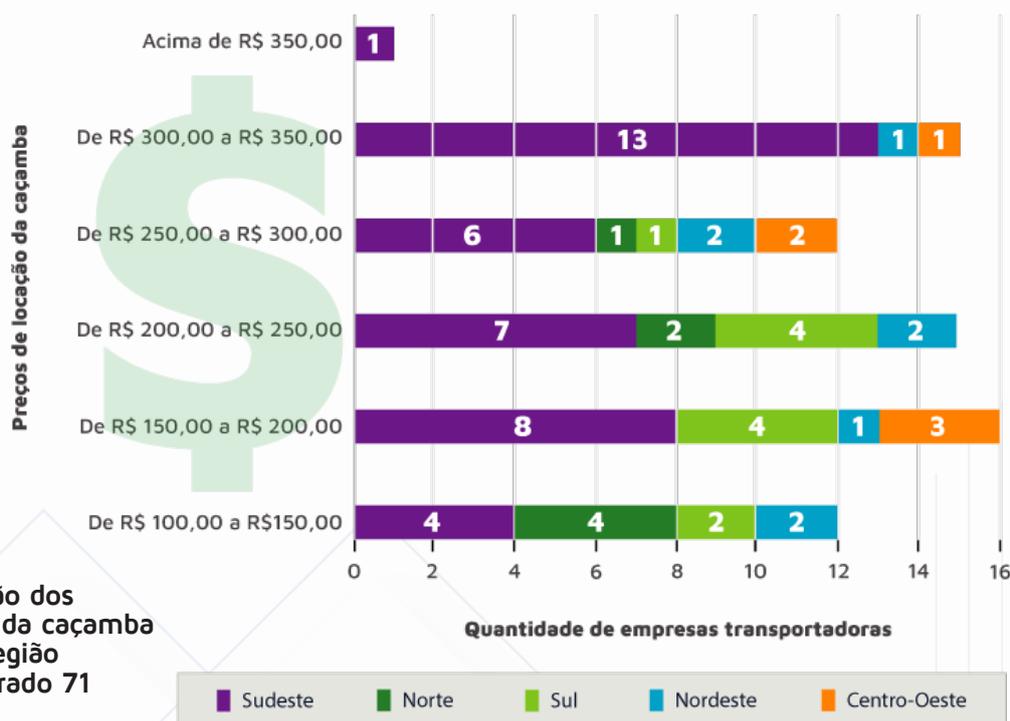


Figura 68 –Variação dos preços de locação da caçamba apresentada por região do Brasil. Considerado 71 respostas válidas.

Em relação aos preços cobrados para aluguel da caçamba, a maioria das empresas participantes da pesquisa informaram que cobram valores diferentes para o resíduo sujo (misturado), perigoso ou contaminante. A Figura 69 apresenta a relação entre os valores cobrados para aluguel da caçamba e a existência de valores diferentes caso os resíduos sejam sujos, perigosos ou contaminantes.

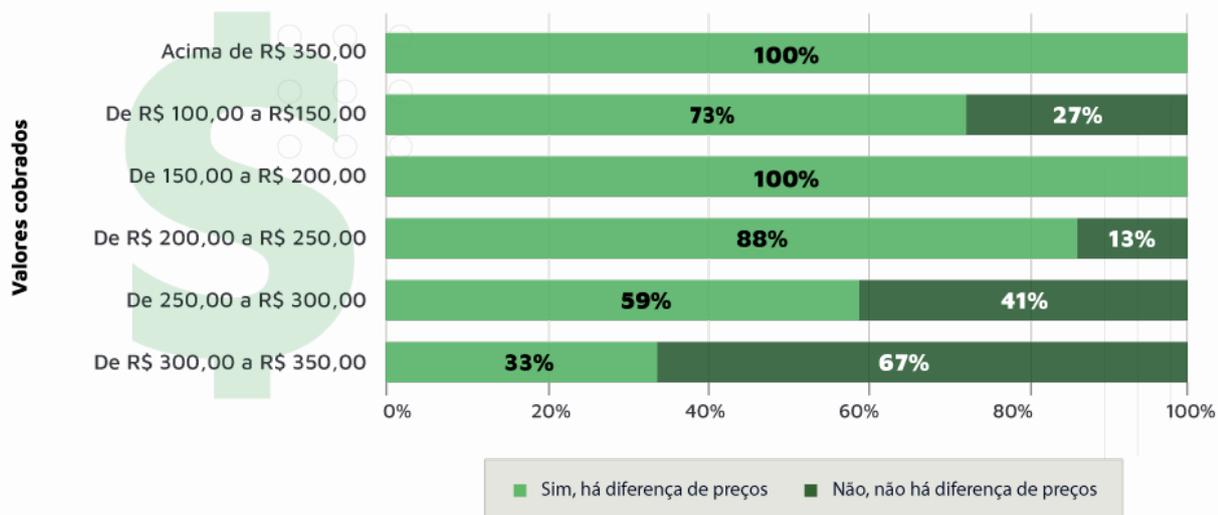


Figura 69 –Relação entre os preços para aluguel da caçamba com a existência de cobrança diferencial para resíduo sujo (misturado), perigoso ou contaminante. Entre as 75 empresas que participaram da pesquisa, apenas 01 não respondeu a essa questão.

A Figura 70 apresenta os problemas mais frequentes que as empresas participantes da pesquisa informaram que enfrentam na locação da caçamba estacionária. A disposição de volume acima da capacidade das caçambas é apontada como o principal problema, o que pode causar multas devido à existência de restrições de tráfego, ou mesmo acidentes nas vias; seguido de vandalismo. A Figura 71 ilustra como uma caçamba deveria ser preenchida e o problema relatado sobre a caçamba ser preenchida com resíduos além de sua capacidade.

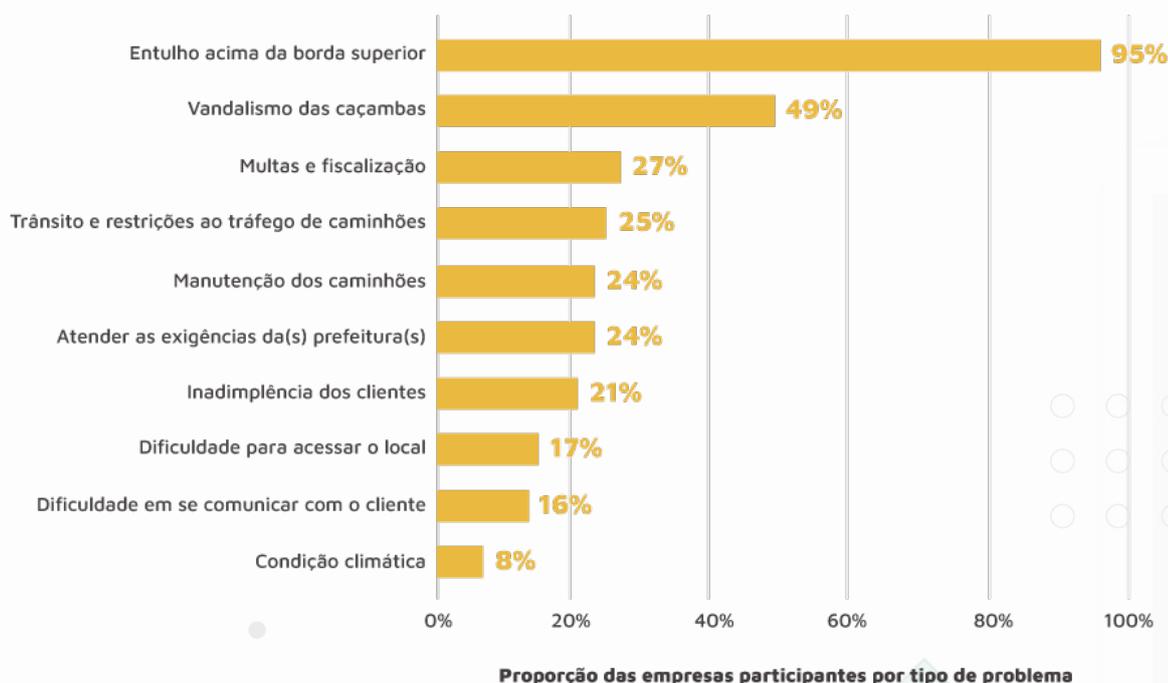


Figura 70 – Problemas mais frequentes apresentados na locação da caçamba estacionária pelas empresas participantes da pesquisa. Uma empresa pode apresentar um ou mais dos problemas listados. Considerado 75 respostas válidas.



(a) Caçamba preenchida corretamente, volume de resíduos adequado à sua capacidade

(b) Caçamba preenchida errada, com volume de resíduos acima de sua capacidade.

Figura 71 – Imagens ilustrativas de como uma caçamba de entulhos deveria ser preenchida (a) e como grande parte das transportadoras relataram que recolhem a caçamba, com volume acima de sua capacidade (b). Fontes: banco de imagem da ABRECON.

As multas e fiscalizações por parte dos órgãos públicos municipais é uma queixa para 27% das empresas de caçambas pesquisadas. Esse fato indica dificuldade dos empresários em se adequar às exigências legais, como falta de instrução dos operadores na prestação correta do serviço, especialmente relacionado ao correto estacionamento da caçamba estacionária, identificação das caçambas, com número de registro na prefeitura, e até ausência de emissão de documentação comprobatória da destinação dos resíduos da construção, descarte em local irregular. Essa reclamação dos empresários, de certa forma, também está associada às restrições de tráfego, apontada por 25% das empresas ouvidas.

A regulamentação do transporte de resíduos é uma bandeira da Abrecon para reduzir e acabar com os aterros clandestinos e pontos viciados. Para 24% das empresas participantes dessa pesquisa, há clara dificuldade para atender as exigências legais, ou seja, conjunto de normas e práticas para a prestação de serviço, de forma a não prejudicar ou poluir o meio ambiente e preservar o interesse público.

A criação de regras para a operação de caçambas estacionárias, basculantes e fretes, é necessária em cidades com grande adensamento populacional e trânsito. Embora muitos municípios já disponham de regras para a prestação de serviços dessa natureza há pelo menos quinze anos, a tendência é um endurecimento das normas referentes à locação, com maior restrição ao tráfego nos centros urbanos.

4. CONSIDERAÇÕES

FINAIS

A reciclagem de RCD precisa avançar nas regiões metropolitanas, pois são poucas as usinas para atender a demanda concentrada e regional, especialmente nas regiões Nordeste e Sul do país, e nos pequenos municípios, através da disseminação de consórcios intermunicipais, incentivados pela Política Nacional de Resíduos Sólidos

Existe ainda pouco envolvimento das fontes geradoras de resíduos no sentido de encaminhar resíduos previamente triados às usinas, e facilitar a obtenção de agregados reciclados de melhor qualidade. Os índices de rejeitos recebidos nas usinas são elevados, o que dificulta a viabilidade do negócio, e o retorno do investimento.

As usinas são obrigadas a imputar custos, aumentando o preço para recepção do material. Isso desestimula a adesão de uma rota de gestão adequada e legalizada, e pode ser uma via de estímulo a ilegalidade. Nem todo agregado reciclado é vendido, estima-se que menos da metade. Os agregados reciclados, quando vendidos (preço F.O.B.), são oferecidos a preços bem abaixo do praticado para os agregados naturais, e parece não levar em consideração as vantagens dos cenários logísticos favoráveis, que imputariam preços menores do produto entregue na obra (preço C.I.F.). Ensaios de controle de qualidade dos agregados reciclados só são realizados quando solicitado ou esporadicamente. A doação de agregados reciclados é uma prática adotada em usinas provavelmente para aumentar a capacidade de recepção de resíduos e recursos financeiros, que, se não forem bem geridos, pode ocasionar falência das empresas.

Os planos de gerenciamento de resíduos de construção se disseminaram em municípios de médio e grande porte, que atendem quase 30% da população brasileira que lá reside, e em locais onde a gestão de resíduos sólidos urbanos se encontra mais organizada e em melhores condições. Há pouca disseminação nos pequenos municípios. Estes correspondem a maior parte dos municípios brasileiros (4.889 municípios, num total de 5.570). Em muitos destes locais, ainda se menciona, por parte do poder público, o uso de aterros clandestinos ou aterros sanitários como locais para a disposição dos resíduos, mostrando desconhecimento das resoluções CONAMA 307 e suas alterações direcionadas ao resíduo.

As empresas transportadoras de resíduos da construção ainda enfrentam problemas devido à má conduta do gerador, que geralmente ocupa o volume da caçamba acima do permitido, e à grande incidência de vandalismo.

5. REFE- RÊNCIAS

- [1] Angulo, S. C., Agregados, in: Materiais de Construção, 6a ed., Oficina dos textos, 2019.
- [2] Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT NBR 9935: Agregados - terminologia, 2011.
- [3] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), ABNT NBR 7211:2009 : Agregados para concreto - Especificação, ABNT, Rio de Janeiro, 2009. <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=40092>.
- [4] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), ABNT NBR 15115:2004 : Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos, ABNT, Rio de Janeiro, 2004. <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=337>.
- [5] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), ABNT NBR 15113:2004: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação, ABNT, 2004. <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=347>.
- [6] ABNT NBR 15114: 2004 Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação, ABNT, Rio de Janeiro, 2004. <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=349>.
- [7] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), ABNT NBR 10007:2004 : : Amostragem de resíduos sólidos, ABNT, Rio de Janeiro, 2004. <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=1102>.
- [8] ABNT NBR 15849: Resíduos sólidos urbanos - Aterros sanitários de pequeno porte - Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento, 2010.
- [9] BRASIL, Lei 12.305: Lei de Resíduos Sólidos, Brasília, 2010.
- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT NBR 15114: Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação, 2004.
- [11] Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Resolução no 307: estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, Brasília, 2002.
- [12] S.C. Angulo, Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento mecânico dos concretos, Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo (Escola Politécnica), 2005.
- [13] ABRAINC, Construção civil cria 124 mil empregos com carteira até outubro de 2019, ABRAINC - Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias. (2019). <https://www.abrainc.org.br/abrainc-news/2019/11/22/construcao-civil-cria-124-mil-empregos-com-carteira-ate-outubro-de-2019/> (accessed August 25, 2020).
- [14] V.M. John, Concreto Sustentável, in: Concreto: Ciência e Tecnologia, Arte Interativa, Instituto Brasileiro do Concreto, São Paulo, 2011: pp. 1871-1884.
- [15] F. Krausmann, C. Lauk, W. Haas, D. Wiedenhofer, From resource extraction to outflows of wastes and emissions: The socioeconomic metabolism of the global economy, 1900-2015, Global Environmental Change. 52 (2018) 131-140. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.07.003>.
- [16] S.C. Angulo, Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados., Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana, Universidade de São Paulo, 2000. <https://doi.org/10.11606/D.3.2000.tde-05102005-112833>.
- [17] John, V. M., Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento, Tese (livre-docência), Universidade de São Paulo, 2000.
- [18] D.O.F. Silva, M. Quattrone, R.C.O. Romano, S.C. Angulo, Reuse of fines from ready-mix concrete washing slurries, Resources, Conservation and Recycling. 155 (2020) 104653.

- <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104653>.
- [19] Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SINDUSCON-SP), Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil: avanços institucionais e melhorias técnicas, São Paulo, 2015. <https://www.sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2015/09/MANUAL-DE-RES%3%8DDUOS-2015.pdf>.
- [20] Ministério do Meio Ambiente (MMA), Manual para implantação de sistema de gestão de resíduos da construção civil em consórcios públicos, Brasília, 2010. http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/5_manual_implantao_sistema_informao_gesto_rs_cp_125.pdf.
- [21] T.P. Pinto, Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana, Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, 1999. <http://www.ietsp.com.br/Documentos/textos-t%C3%A9cnicos/disserta%C3%A7%C3%B5es-e-teses/>.
- [22] S.C. Angulo, C.E. Teixeira, A.L. de Castro, T.P. Nogueira, Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação, Engenharia Sanitária e Ambiental. 16 (2011) 299–306. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522011000300013>.
- [23] CARELLI, E. D., A resolução CONAMA no 307/2002 e as novas condições para a gestão de resíduos de construção e demolição, Dissertação (Mestrado), Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2008.
- [24] IBGE, IBGE - Panorama Brasil, (2020). <https://cidades.ibge.gov.br/> (accessed November 5, 2020).
- [25] K. Kataguir, Proposição de critérios técnicos e ambientais para criação de banco de solos para a região metropolitana de São Paulo., Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana, Universidade de São Paulo, 2017. <https://doi.org/10.11606/D.3.2017.tde-23062017-161732>.
- [26] V. Monier, S. Mugdal, M. Hestin, M. Trarieux, S. Mimid, Service contract on management of construction and demolition waste, Bio Intelligence Service S.A.S., Paris, 2011.
- [27] ABRELPE, Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019, ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, São Paulo, 2019. <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/>.
- [28] ABRELPE, Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – Abrelpe, ABRELPE. (sem data). <https://abrelpe.org.br/panorama/> (accessed August 30, 2020).
- [29] T.P. Pinto, J.L.R. Gonzáles, Manejo e gestão de resíduos da construção civil: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios, Ministério das Cidades, Ministério do Meio Ambiente e Caixa Econômica Federal, CAIXA, Brasília, 2005.
- [30] Fernandez, J.A., Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2012.
- [31] C. Barcellos, P.C. Sabroza, The place behind the case: leptospirosis risks and associated environmental conditions in a flood-related outbreak in Rio de Janeiro, Cad. Saúde Pública. 17 (2001) S59–S67. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2001000700014>.
- [32] A.M.M. Sampaio, D.C. Kligerman, S.F. Júnior, Dengue, related to rubble and building construction in Brazil, Waste Management. 29 (2009) 2867–2873. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.06.017>.
- [33] Taliberti, H., Zucchi, P., Custos diretos do programa de prevenção e controle da dengue no Município de São Paulo em 2005, Rev Panam Salud Publica. 27 (2010) 175–180.
- [34] ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), RCRA in focus: construction, demolition and renovation., EPA, Estados Unidos, 2005.
- [35] A.S. Lima, A.E.B. Cabral, Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE), Eng. Sanit. Ambient. 18 (2013) 169–176. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000200009>.
- [36] Jang, T. Townsend, Sulfate leaching from recovered construction and demolition debris fines, Advances in Environmental Research. 5 (2001) 203–217. [https://doi.org/10.1016/S1093-0191\(00\)00056-3](https://doi.org/10.1016/S1093-0191(00)00056-3).
- [37] Ministério do Meio Ambiente, Plano Nacional de Resíduos Sólidos, Brasília, 2012.
- [38] Brasil, PORTARIA No 280, DE 29 DE JUNHO DE 2020 - DOU - Imprensa Nacional, 2020. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-280-de-29-de-junho-de-2020-264244199> (accessed March 29, 2021).
- [39] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, ed., Pesquisa nacional de saneamento básico: 2008, IBGE, Rio de Janeiro, 2010.
- [40] SINDUSCON-SP Secretaria do Meio Ambiente (SMA-GESP), Resíduos da Construção

Civil e o Estado de São Paulo, São Paulo, 2012. <https://cetesb.sp.gov.br/sigor/2014/12/12/residuos-da-construcao-civil-e-o-estado-de-sao-paulo/>.

[41] BRASIL, Lei 14.026: Marco Legal do Saneamento Básico, (2020).

[42] L.S. Oliveira, M. Quattrone, S.C. Angulo, V.M. John, Emissões de CO₂ dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição (RCD): dois estudos de caso, 3o Encontro Nacional Sobre Reaproveitamento de Resíduos Na Construção Civil - ENARC. (2013) 15.

[43] V. Basilico, M. Quattrone, Recycled aggregate production: remark and assessment of the economical advantage of a case study, Sustainable Building. (2007).

[44] SNIC, Produção Regional 2018 - PRODUÇÃO NACIONAL DE CIMENTO POR REGIÕES E ESTADOS, Sindicato Nacional das Indústrias de Cimento, sem data. <http://snic.org.br/assets/pdf/numeros/1573492857.pdf> (accessed March 27, 2020).

[45] ANP, Dados estatísticos - Produção nacional de derivados de petróleo (metros cúbicos), Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (2020). <http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos> (accessed May 1, 2020).

[46] ANM, Sumário Mineral — Agência Nacional de Mineração, Agência Nacional de Mineração. (2019). <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral> (accessed December 1, 2018).

[47] S.N. das I. de C. SNIC, Números da Indústria do Cimento, (n.d.). <http://snic.org.br/numeros-industria.php> (accessed March 15, 2020).

[48] G. Habert, Y. Bouzidi, C. Chen, A. Jullien, Development of a depletion indicator for natural resources used in concrete, Resources, Conservation and Recycling. 54 (2010) 364–376. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.09.002>.

[49] M.P.R. Souza, Avaliação das emissões de CO₂ antrópico associadas ao processo de produção do concreto durante a construção de um edifício comercial na Região Metropolitana de São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2011.

[50] J.R. Grabasck, Aspectos e impactos ambientais decorrentes da extração de agregado natural e produção de agregado reciclado : estudo de caso no RS, Dissertação de Mestrado, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), 2016.

[51] V.H.R. Barbosa, Estudo de solos do Acre para a produção de agregados calcinados e misturas para bases em pavimentação, Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, 2017.

[52] A.A.L. Pacheco, Emissão de CO₂ do transporte de materiais na produção do concreto em Rio Branco, Acre, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2020.

[53] R.R. Sarges, A.C.R. Nogueira, C.A. Frotá, C.L. da Silva, Depósitos argilosos Cenozóicos do estado do Amazonas: utilização como agregados de argilas calcinadas para pavimentações na região Amazônica, Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium. (2010) 33–49.

[54] ANM, Sumário Mineral 2017, Agência Nacional de Mineração; Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2019. http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumariomineral_2017 (accessed May 8, 2020).

[55] CAIXA, SINAPI - Referências de preços e custos (janeiro/2020), Caixa Econômica Federal. (2020). <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx> (accessed August 24, 2020).

[56] L.F. Ramadon, A extração ilegal da areia no Brasil e no mundo, (2018).

[57] SEBRAE, Boletim de Inteligência - Construção Civil: Cerâmica vermelha - Panorama do mercado no Brasil, (2015). [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b877f9b38e787b32594c8b6e5c39b244/\\$File/5846.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b877f9b38e787b32594c8b6e5c39b244/$File/5846.pdf).

[58] CPRH, Situação Geral do Estado de Pernambuco, CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente. (2020). http://www.cprh.pe.gov.br/Controle_Ambiental/dados_sobre_residuos_solidos_de_pernambuco/situacao_geral_do_estado_de_pernambuco/44062%3B40815%3B481401%3B0%3B0.asp (accessed February 2, 2021).

(A) Geração de RCD estimada para as regiões brasileiras.

Fonte: a partir de dados de literatura e do IBGE [12, 24].

Região	Estados	População (em habitantes)	Geração de RCD (em t/ano)	Geração agrupada de RCD (em t/ano)
Sudeste	São Paulo (SP)	46.289.333	23.144.667	44.506.120
	Minas Gerais (MG)	21.292.666	10.646.333	
	Rio de Janeiro (RJ)	17.366.189	8.683.095	
	Espírito do Santos (ES)	4.064.052	2.032.026	
Nordeste	Bahia (BA)	14.930.634	7.465.317	28.687.122
	Pernambuco (PE)	9.616.621	4.808.311	
	Ceará (CE)	9.187.103	4.593.552	
	Maranhão (MA)	7.114.598	3.557.299	
	Paraíba (PB)	4.039.277	2.019.639	
	Rio Grande do Norte (RN)	3.534.165	1.767.083	
	Alagoas (AL)	4.039.277	2.019.639	
	Piauí (PI)	3.281.480	1.640.740	
	Sergipe (SE)	2.318.822	1.159.411	
Sul	Paraná (PR)	11.516.840	5.758.420	15.096.158
	Rio Grande do Sul (RS)	11.422.973	5.711.487	
	Santa Catarina (SC)	7.252.502	3.626.251	
Norte	Pará (PA)	8.690.745	4.345.373	9.336.296
	Amazonas (AM)	4.207.714	2.103.857	
	Rondônia (RO)	1.796.460	898.230	
	Tocantins (TO)	1.590.248	795.124	
	Acre (AC)	894.470	447.235	
	Amapá (AP)	861.773	430.887	
	Roraima (RR)	631.181	315.591	
Centro-Oeste	Goiás (GO)	7.113.540	3.556.770	8.252.152
	Distrito Federal (DF)	3.055.149	1.527.575	
	Matô Grosso (MT)	3.526.220	1.763.110	
	Matô Grosso do Sul (MS)	2.809.394	1.404.697	
Estimativa do RCD gerado (t/ano)				105.877.846

(B) Indicador per capita da geração de RCD dos aglomerados urbanos

Fonte: Dados do número de habitantes referente a 2010⁶

$$\text{Indicador per capita da geração de RCD} = (4,75 \times \text{IDH}) - 3,52$$

Faixa de IDH dos municípios		Indicador per capita (t/hab.ano)	Fonte
(calculado pela equação acima)	0,86 – 0,80	0,760 – 0,500	Autoria própria, a partir do uso da referência [22]
	0,80 – 0,78	0,500 – 0,370	
< 0,78	0,200		

Região Metropolitana de São Paulo				
Cidades	IDH	Ind. geração RCD (t/hab.ano)	População (hab)	Geração RCD (t/ano)
São Paulo	0,841	0,675	11.316.149	7.635.572
Arujá	0,788	0,423	76.112	32.195
Barueri	0,826	0,604	243.241	146.796
Biritiba-Mirim	0,75	0,200	28.876	5.775
Caieiras	0,813	0,542	87.704	47.514
Cajamar	0,786	0,414	65.139	26.935
Carapicuíba	0,793	0,447	371.502	165.969
Cotia	0,826	0,604	205.154	123.810
Diadema	0,79	0,433	388.575	168.059
Embu	0,772	0,200	242.730	48.546
Embu-Guaçu	0,811	0,532	63.218	33.648
Ferraz de Vasconcelos	0,772	0,200	170.296	34.059
Francisco Morato	0,772	0,200	156.063	31.213
Franco da Rocha	0,778	0,200	133.406	26.681
Guararema	0,798	0,471	26.146	12.302
Guarulhos	0,798	0,471	1.233.436	580.332
Itapecerica da Serra	0,783	0,399	154.374	61.634
Itapevi	0,759	0,200	203.712	40.742
Itaquaquecetuba	0,744	0,200	325.518	65.104
Jandira	0,801	0,485	109.613	53.135
Juquitiba	0,754	0,200	28.912	5.782
Mairiporã	0,803	0,494	82.556	40.803
Mauá	0,781	0,390	421.184	164.156
Mogi das Cruzes	0,801	0,485	392.195	190.117
Osasco	0,818	0,566	667.826	377.656
Pirapora de Bom Jesus	0,767	0,200	15.989	3.198
Poá	0,806	0,509	106.797	54.306
Ribeirão Pires	0,807	0,513	113.725	58.369
Rio Grande da Serra	0,764	0,200	44.502	8.900

⁶ https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_concentra%C3%A7%C3%B5es_urbanas_do_Brasil_por_popula%C3%A7%C3%A3o#cite_note-I-BGE_Concentra%C3%A7%C3%B5es-1

Região Metropolitana de São Paulo				
Cidades	IDH	Ind. geração RCD (t/hab.ano)	População (hab)	Geração RCD (t/ano)
Salesópolis	0,748	0,200	15.733	3.147
Santa Isabel	0,766	0,200	50.968	10.194
Santana de Parnaíba	0,853	0,732	111.422	81.533
Santo André	0,835	0,646	678.485	438.471
São Bernardo do Campo	0,834	0,642	770.253	494.117
São Caetano do Sul	0,919	1,045	149.962	156.748
São Lourenço da Serra	0,771	0,200	14.109	2.822
Suzano	0,775	0,200	265.074	53.015
Taboão da Serra	0,809	0,523	248.127	129.708
Vargem Grande Paulista	0,802	0,490	43.789	21.435
Total	-	-	19.822.572	11.634.496

Região Metropolitana do Rio de Janeiro				
Cidades	IDH	Ind. geração RCD (t/hab.ano)	População (hab)	Geração RCD (t/ano)
Rio de Janeiro	0,799	0,475	6.718.903	3.193.159
Niterói	0,837	0,622	513.584	319.226
São Gonçalo	0,739	0,200	1.091.737	218.347
Duque de Caxias	0,711	0,200	924.624	184.925
Nova Iguaçu	0,713	0,200	823.302	164.660
Belford Roxo	0,684	0,200	513.118	102.624
São João de Meriti	0,719	0,200	472.906	94.581
Magé	0,709	0,200	245.071	49.014
Itaboraí	0,704	0,200	242.543	48.509
Mesquita	0,737	0,200	176.569	35.314
Nilópolis	0,753	0,200	162.485	32.497
Maricá	0,765	0,200	161.207	32.241
Queimados	0,68	0,200	150.319	30.064
Itaguaí	0,715	0,200	133.019	26.604
Japeri	0,659	0,200	105.548	21.110
Saquarema	0,709	0,200	89.170	17.834
Seropédica	0,713	0,200	86.743	17.349
Guapimirim	0,698	0,200	60.517	12.103
Paracambi	0,72	0,200	52.257	10.451
Mangaratiba	0,753	0,200	44.468	8.894
Tanguá	0,722	0,200	34.309	6.862
Total	-	-	12.802.399	4.626.367

Região Metropolitana de Brasília				
Cidades	IDH	Ind. geração RCD (t/hab.ano)	População (hab)	Geração RCD (t/ano)
Brasília	0,824	0,594	2.974.703	1.766.974
Águas Lindas dos Goiás	0,686	0,200	212.440	42.488
Cidade ocidental	0,717	0,200	71.376	14.275
Cocalzinho de Goiás	0,657	0,200	18.623	3.725
Luziânia	0,701	0,200	208.299	41.660
Mimoso de Goiás	0,665	0,200	2.723	545
Novo Gama	0,684	0,200	115.711	23.142
Padre Bernardo	0,651	0,200	33.835	6.767
Planaltina	0,669	0,200	89.181	17.836
Santo Antônio do Descoberto	0,665	0,200	74.744	14.949
Valparaíso de Goiás	0,746	0,200	159.500	31.900
Total	-	-	3.961.135	1.964.260

Região Metropolitana de Fortaleza				
Cidades	IDH	Ind. geração RCD (t/hab.ano)	População (hab)	Geração RCD (t/ano)
Aquiraz	0,641	0,200	80.935	16.187
Caucaia	0,682	0,200	365.212	73.042
Eusébio	0,701	0,200	54.337	10.867
Fortaleza	0,798	0,471	2.686.612	1.264.051
Itaitinga	0,623	0,200	38.325	7.665
Maracanaú	0,686	0,200	229.458	45.892
Maranguape	0,656	0,200	130.346	26.069
Pacatuba	0,675	0,200	84.554	16.911
Total	-	-	3.669.779	1.460.684

Região Metropolitana de Curitiba				
Cidades	IDH	Ind. geração RCD (t/hab.ano)	População (hab)	Geração RCD (t/ano)
Almirante Tamandaré	0,699	0,200	117.168	23.434
Araucária	0,740	0,200	141.410	28.282
Balsa Nova	0,696	0,200	12.787	2.557
Bocaiuva do Sul	0,719	0,200	12.755	2.551
Campina Grande do Sul	0,761	0,200	42.880	8.576
Campo Largo	0,745	0,200	130.091	26.018
Campo Magro	0,701	0,200	28.885	5.777
Colombo	0,733	0,200	240.840	48.168
Contenda	0,761	0,200	18.326	3.665

Região Metropolitana de Curitiba				
Cidades	IDH	Ind. geração RCD (t/hab.ano)	População (hab)	Geração RCD (t/ano)
Curitiba	0,823	0,589	1.917.185	1.129.701
Fazenda Rio Grande	0,720	0,200	98.368	19.674
Itaperuçu	0,675	0,200	28.187	5.637
Mandirituba	0,760	0,200	26.411	5.282
Pinhais	0,751	0,200	130.789	26.158
Piraquara	0,700	0,200	111.052	22.210
Quatro Barras	0,774	0,200	23.199	4.640
Rio Branco do Sul	0,702	0,200	32.273	6.455
São José dos Pinhais	0,758	0,200	317.476	63.495
Total	-	-	3.430.082	1.432.281

Região Metropolitana de Porto Alegre				
Cidades	IDH	Ind. geração RCD (t/hab.ano)	População (hab)	Geração RCD (t/ano)
Alvorada	0,699	0,200	195.673	39.135
Araricá	0,679	0,200	4.864	973
Cachoeirinha	0,757	0,200	118.278	23.656
Campo Bom	0,745	0,200	60.074	12.015
Canoas	0,750	0,200	323.827	64.765
Dois Irmãos	0,743	0,200	27.572	5.514
Eldorado do Sul	0,717	0,200	34.343	6.869
Estância Velha	0,757	0,200	42.574	8.515
Esteio	0,754	0,200	80.755	16.151
Glorinha	0,714	0,200	6.891	1.378
Gravataí	0,763	0,200	255.660	51.132
Guaíba	0,730	0,200	95.204	19.041
Ivoti	0,784	0,404	19.874	8.029
Lindolfo Collor	0,712	0,200	5.227	1.045
Nova Hartz	0,689	0,200	18.346	3.669
Nova Santa Rita	0,718	0,200	22.716	4.543
Novo Hamburgo	0,747	0,200	238.940	47.788
Picada Café	0,758	0,200	5.182	1.036
Portão	0,713	0,200	30.920	6.184
Porto Alegre	0,805	0,504	1.409.351	709.961
Presidente Lucena	0,757	0,200	2.484	497
São José do Hortêncio	0,707	0,200	4.094	819
São Leopoldo	0,739	0,200	214.087	42.817
Sapiranga	0,711	0,200	74.985	14.997
Sapucaia do Sul	0,726	0,200	130.957	26.191
Viamão	0,717	0,200	239.384	47.877
Total	-	-	3.662.262	1.164.597

Região Metropolitana de Recife

Cidades	IDH	Ind. geração RCD (t/hab.ano)	População (hab)	Geração RCD (t/ano)
Abreu e Lima	0,679	0,200	94.429	18.886
Araçoiaba	0,592	0,200	18.156	3.631
Cabo de Santo Agostinho	0,686	0,200	185.025	37.005
Caramagibe	0,692	0,200	144.466	28.893
Igarassu	0,665	0,200	102.021	20.404
Paudalho	0,639	0,200	51.357	10.271
Ilha de Itamaracá	0,653	0,200	24.888	4.978
Itapissuma	0,633	0,200	23.769	4.754
Jaboatão dos Guararapes	0,717	0,200	702.298	140.460
Moreno	0,652	0,200	56.696	11.339
Olinda	0,735	0,200	393.115	78.623
Ipojuca	0,619	0,200	96.204	19.241
Paulista	0,732	0,200	334.376	66.875
Recife	0,772	0,200	1.537.704	307.541
São Lourenço da Mata	0,653	0,200	1.114.079	222.816
Total	-	-	4.878.583	981.397

Região Metropolitana de Campinas

Cidades	IDH	Ind. geração RCD (t/hab.ano)	População (hab)	Geração RCD (t/ano)
Campinas	0,805	0,504	1.204.073	606.552
Cosmópolis	0,769	0,200	73.474	14.695
Hortolândia	0,756	0,200	234.259	46.852
Monte Mor	0,733	0,200	59.772	11.954
Paulínia	0,795	0,456	106.776	48.717
Sumaré	0,762	0,200	286.211	57.242
Valinhos	0,819	0,570	129.193	73.672
Vinhedo	0,817	0,561	78.728	44.147
Total	-	-	2.172.486	903.831

Região Metropolitana de Salvador

Cidades	IDH	Ind. geração RCD (t/hab.ano)	População (hab)	Geração RCD (t/ano)
Camaçari	0,694	0,200	304.302	60.860
Candeias	0,691	0,200	87.458	17.492
dias D'Ávila	0,676	0,200	82.432	16.486
Lauro de Freitas	0,754	0,200	201.635	40.327
Mãe de Deus	0,708	0,200	21.432	4.286
Mata de São João	0,668	0,200	47.126	9.425
Salvador	0,759	0,200	2.872.347	574.469
são Francisco do Conde	0,674	0,200	39.802	7.960
Simões Filho	0,675	0,200	135.783	27.157
Total	-	-	3.792.317	758.463

Região Metropolitana de Goiânia				
Cidades	IDH	Ind. geração RCD (t/hab.ano)	População (hab)	Geração RCD (t/ano)
Abadia de Goiás	0,708	0,200	6.876	1.375
Aparecida de Goiânia	0,718	0,200	455.657	91.131
Aragoiânia	0,684	0,200	8.365	1.673
Bonfinópolis	0,683	0,200	7.536	1.507
Caldazinha	0,685	0,200	3.325	665
Goiânia	0,799	0,475	1.302.001	618.776
Goianira	0,694	0,200	34.060	6.812
Guapó	0,697	0,200	13.976	2.795
Hidrolândia	0,706	0,200	17.398	3.480
Santo Antônio de Goiás	0,723	0,200	4.703	941
Senador Canedo	0,701	0,200	84.443	16.889
Trindade	0,699	0,200	104.488	20.898
Total	-	-	2.042.828	766.941

Região Metropolitana de Belém				
Cidades	IDH	Ind. geração RCD (t/hab.ano)	População (hab)	Geração RCD (t/ano)
Belém	0,746	0,200	1.499.641	299.928
Ananindeua	0,718	0,200	535.547	107.109
Benevides	0,665	0,200	63.768	12.754
Marituba	0,676	0,200	133.685	26.737
Total	-	-	2.232.641	446.528

Região Metropolitana de Belo Horizonte				
Cidades	IDH	Ind. geração RCD (t/hab.ano)	População (hab)	Geração RCD (t/ano)
Belo Horizonte	0,81	0,528	2.501.576	1.319.581
Betim	0,749	0,200	439.340	87.868
Brumadinho	0,747	0,200	39.520	7.904
Caeté	0,789	0,428	44.718	19.128
Confins	0,773	0,200	6.730	1.346
Contagem	0,756	0,200	663.855	132.771
Esmeraldas	0,748	0,200	66.237	13.247
Ibitiré	0,729	0,200	177.475	35.495
Igarapé	0,753	0,200	34.879	6.976
Lagoa Santa	0,783	0,399	61.752	24.654
Mário Campos	0,711	0,200	13.214	2.643
Nova Lima	0,813	0,542	93.577	50.695
Nova União	0,7	0,200	5.725	1.145
Pedro Leopoldo	0,807	0,513	63.837	32.764
Raposos	0,758	0,200	15.345	3.069
Ribeirão das Neves	0,684	0,200	334.858	66.972

Região Metropolitana de Belo Horizonte				
Cidades	IDH	Ind. geração RCD (t/hab.ano)	População (hab)	Geração RCD (t/ano)
Rio Acima	0,735	0,200	10.312	2.062
Sabará	0,731	0,200	136.344	27.269
Santa Luzia	0,715	0,200	218.147	43.629
São joaquim de Bicas	0,707	0,200	25.619	5.124
São José da Lapa	0,747	0,200	23.200	4.640
Sarzedo	0,748	0,200	31.037	6.207
Vespasiano	0,688	0,200	127.601	25.520
Total	-	-	5.134.898	1.920.711

(C) Geração de RCD nos principais aglomerados urbanos.

Regiões Metropolitanas (aglomerados urbanos)	Geração RCD estimada (t/ano)	Área de ocupação (km ²)	Concentração de RCD na cidade (t/km ² .ano)	Densidade populacional (hab/km ²)
De São Paulo	11.634.496	7.946,84	1.464	2.714,45
Do Rio de Janeiro	4.626.367	7.535,78	614	1.725,82
De Distrito Federal (Brasília)	1.964.260	5.780,00	340	514,65
De Belo Horizonte	1.920.711	14.979,10	128	398,01
De Fortaleza	1.460.684	7.440,05	196	556,12
De Curitiba	1.432.281	15.913,24	90	227,17
De Porto Alegre	1.164.597	10.346,00	113	417,31
De Recife	981.397	3.216,26	305	1.260,74
De Campinas	903.831	3.791,91	238	850,35
De Salvador	758.463	4.375,12	173	904,46
De Goiânia	766.941	7.315,15	105	357,27
De Belém	446.528	3.565,78	125	0,7
Total estimado	28.060.556	-	-	-

(D) Histórico de usinas reciclagem catalogadas pela ABRECON

Ano	Privadas	Públicas	Privadas acumuladas	Públicas acumuladas	Acumuladas totais	Fixas	Móveis	Acumuladas Fixas	Acumuladas móveis	Acumuladas totais
1991	1	-	1	0	1	1	-	1	0	1
1992	1	-	2	0	2	1	-	2	0	2
1993	0	-	2	0	2	0	-	2	0	2
1994	1	-	2	0	2	1	-	2	0	2
1995	2	-	5	0	5	2	-	5	0	5
1996	3	-	8	0	8	3	-	8	0	8
1997	3	-	10	0	10	3	-	10	0	10
1998	3	-	14	0	14	3	-	14	0	14
1999	3	-	17	0	17	3	-	17	0	17
2000	4	-	21	0	21	0	3	17	3	20
2001	6	3	27	3	30	5	4	22	7	30
2002	3	3	30	7	37	7	-	29	7	36
2003	5	5	35	11	46	10	-	39	7	46
2004	4	6	39	18	56	4	4	42	11	54
2005	7	6	46	23	69	7	4	49	16	65
2006	12	5	58	29	86	17	-	66	16	82
2007	7	8	64	37	101	15	-	81	16	97
2008	17	7	81	43	125	16	8	97	24	121
2009	18	8	99	51	151	17	9	114	32	147
2010	16	7	115	58	173	15	8	129	40	169
2011	19	7	134	65	200	19	8	148	48	196
2012	17	10	151	75	226	18	9	166	56	222
2013	13	7	164	82	246	13	8	178	64	242
2014	15	11	179	94	272	15	11	193	75	268
2015	15	11	193	105	298	15	11	208	86	294
2017	5	5	198	110	308	0	10	208	96	304
2019	5	4	203	114	317	4	5	212	101	313

(E) Usinas cadastradas pela ABRECON

Rótulos de Linha	USINAS CADASTRADAS	Nº USINAS EXTRAPOLADO (+23%)
CENTRO OESTE	13	16
DF	4	5
GO	3	4
MS	4	5
MT	2	2
NORDESTE	24	29
AL	2	2
BA	4	5
CE	3	4
PB	3	4
PE	5	6
RN	4	5
RR	1	1
SE	2	2
NORTE	2	2
RO	1	1
TO	1	1
SUDESTE	199	246
ES	7	9
MG	20	25
RJ	7	9
SP	165	203
SUL	54	66
PR	21	26
RS	15	18
SC	18	22
Total Geral	292 (*)	359

(*) Total eliminando cadastros duplicados.

(F) Estimativa da capacidade máxima de produção de agregados reciclados das usinas

Região	Nº de Usinas (Respostas)	Cap. Máx. de produção (m³/mês)	Nº Usinas extrapoladas	Capacidade máxima extrapolada (t/ano) *
CENTRO OESTE	5		16	3.755.520
Acima de 50 000 m³ por mês	1	50.000		
De 10 000 m³ a 20 000 m³ por mês	1	20.000		
De 20 000 m³ a 50 000 m³ por mês	1	500		
De 500 m³ a 1000m³ por mês	1	1.000		
De 6000 m³ a 10 000 m³ por mês	1	10.000		
NORDESTE	9		29	9.813.600
Acima de 50 000 m³ por mês	3	50.000		
De 2000 m³ a 4000 m³ por mês	2	20.000		
De 4000 m³ a 6000 m³ por mês	1	500		
De 500 m³ a 1000m³ por mês	1	1.000		
De 6000 m³ a 10 000 m³ por mês	2	10.000		
NORTE	2		2	201.600
De 2000 m³ a 4000 m³ por mês	1	4.000		
De 6000 m³ a 10 000 m³ por mês	1	10.000		
SUDESTE	44		246	32.235.840
Acima de 50 000 m³ por mês	2	50.000		
Até 300 m³ por mês	2	300		
De 10 000 m³ a 20 000 m³ por mês	2	20.000		
De 1000 m³ a 2000 m³ por mês	4	200		
De 20 000 m³ a 50 000 m³ por mês	2	50.000		
De 2000 m³ a 4000 m³ por mês	9	4.000		
De 300 m³ a 500 m³ por mês	4	500		
De 4000 m³ a 6000 m³ por mês	6	6.000		
De 500 m³ a 1000m³ por mês	5	1.000		
De 6000 m³ a 10 000 m³ por mês	8	10.000		
SUL	27		66	4.480.960
Até 300 m³ por mês	1	300		
De 10 000 m³ a 20 000 m³ por mês	1	20.000		
De 1000 m³ a 2000 m³ por mês	4	2.000		
De 2000 m³ a 4000 m³ por mês	5	4.000		
De 300 m³ a 500 m³ por mês	2	500		
De 4000 m³ a 6000 m³ por mês	2	6.000		
De 500 m³ a 1000m³ por mês	6	1.000		
De 6000 m³ a 10 000 m³ por mês	6	10.000		
Total Geral	87		359	50.487.520

(*) O valor foi multiplicado por 1,2 t/m³ para conversão

(G) Estimativa do RCD recebido nas usinas

Região	Usinas (Respostas)	Entulho recebido (m ³ /mês)	Usinas extrapoladas	Entulho recebido extrapolado (t/ano) *	Produção de AR extrapolado (t/ano) **	Rejeito médio extrapolado (t/ano) ***
CENTRO OESTE	5		16	1.152.000	937.728	214.272
Abaixo de 1000 m ³ por mês	1	1.000				
Acima de 10 000 m ³ por mês	1	10.000				
De 1000 m ³ a 2000 m ³ por mês	1	2.000				
De 2000 m ³ a 4000 m ³ por mês	1	4.000				
De 4000 m ³ a 8000 m ³ por mês	1	8.000				
NORDESTE	8	-	29	2.244.600	1.827.104	417.496
Abaixo de 1000 m ³ por mês	1	1.000				
Acima de 10 000 m ³ por mês	2	10.000				
De 1000 m ³ a 2000 m ³ por mês	1	2.000				
De 2000 m ³ a 4000 m ³ por mês	3	4.000				
De 4000 m ³ a 8000 m ³ por mês	1	8.000				
NORTE	2	-	2	172.800	140.659	32.141
De 2000 m ³ a 4000 m ³ por mês	1	4.000				
De 4000 m ³ a 8000 m ³ por mês	1	8.000				
SUDESTE	56	-	246	13.347.257	10.864.667	2.482.590
Abaixo de 1000 m ³ por mês	14	1.000				
Acima de 10 000 m ³ por mês	5	10.000				
De 1000 m ³ a 2000 m ³ por mês	15	2.000				
De 2000 m ³ a 4000 m ³ por mês	13	4.000				
De 4000 m ³ a 8000 m ³ por mês	8	8.000				
De 8000 m ³ a 10 000 m ³ por mês	1	1.000				
SUL	29	-	66	3.899.917	3.174.533	725.385
Abaixo de 1000 m ³ por mês	7	1.000				
Acima de 10 000 m ³ por mês	3	10.000				
De 1000 m ³ a 2000 m ³ por mês	9	2.000				
De 2000 m ³ a 4000 m ³ por mês	4	4.000				
De 4000 m ³ a 8000 m ³ por mês	6	8.000				
Total Geral	112	-	359	20.816.574	16.944.692	3.871.883

(*) O valor foi multiplicado por 1,2 t/m³ para conversão

(**) O valor do entulho recebido foi multiplicado por 81,4% (18,6% considerado rejeito médio)

(**) O valor do entulho recebido foi multiplicado por 18,6% (considerado rejeito médio)

(H) Estimativa da produção de agregados reciclados comercializada pelas usinas

Região	Usinas (Respostas)	AR comercializado por mês (m ³ /mês)	Usinas extrapoladas	AR comercializado extrapolada (t ³ /ano) *
CENTRO OESTE	3	-	16	691.200
De 2.001 até 3.000 m ³	1	3000		
De 3.001 até 5.000 m ³	1	5000		
De 500 até 1000 m ³	1	1000		
NORDESTE	7	-	29	507.086
até 500 m ³	3	500		
De 1000 m ³ até 2.000 m ³	1	2000		
De 2.001 até 3.000 m ³	1	3000		
De 500 até 1000 m ³	2	1000		
NORTE	2	-	2	50.400
até 500 m ³	1	500		
De 2.001 até 3.000 m ³	1	3000		
SUDESTE	37	-	246	6.941.189
Acima de 10.001 m ³	1	10000		
até 500 m ³	17	500		
De 1000 m ³ até 2.000 m ³	5	2000		
De 2.001 até 3.000 m ³	4	3000		
De 3.001 até 5.000 m ³	1	5000		
De 5.001 m ³ até 10.000 m ³	2	10000		
De 500 até 1000 m ³	7	1000		
SUL	22	-	66	1.058.400
até 500 m ³	9	500		
De 1000 m ³ até 2.000 m ³	3	2000		
De 3.001 até 5.000 m ³	1	5000		
De 500 até 1000 m ³	9	1000		
Total Geral	71	-	359	9.248.275

(*) O valor foi multiplicado por 1,2 t/m³ para conversão

(I) Estimativa do índice de reciclagem e capacidade instalada de produção das usinas brasileiras

	PS 2013	PS 2014/2015	PS 2017/2018	PS 2019/2020
Respostas das usinas (em unidades)	96	93	96	88
Total de usinas (em unidades) (+)	310	310	360	360
Geração de RCD (t/ano)	100.516.000	102.225.000	103.830.000	105.073.500
Produção informada (m ³ /mês)	426.453	431.500	290.370	400.488
Produção convertida (t/ano) (*)	6.140.923	6.213.600	4.181.328	4.805.856
Produção extrapolada (t/ano)	19.830.065	20.712.000	15.679.980	16.944.692
Capacidade máxima informada (t/ano)	13.065.794	13.808.000	11.946.651	12.019.680
Capacidade máxima extrapolada (t/ano)	42.191.627	46.026.667	44.799.943	50.487.520
Índice de reciclagem (%) (**)	19,7	20,3	15,1	16,1
Capacidade instalada (%) (***)	42,0	45,0	43,1	48,0

(+) Número estimado pela ABRECON (número de usinas cadastradas x 1,2)

(*) Multiplicar por 1,2 t/m³ (densidade aparente do agregado reciclado) x 12 meses

(**) Produção extrapolada / geração de RCD.

(***) Capacidade máxima de produção / geração de RCD

(J) Perfil da produção das usinas (PS 2019/2020)

Item da pesquisa	Categorias	Respostas válidas	Frequência (%) (*)
Capacidade Máxima da Produção	Até 300m ³ /mês	3	3,4
	De 300 a 500m ³ /mês	5	5,7
	De 500 a 1000m ³ /mês	14	16,1
	De 1.000 a 2.000m ³ /mês	8	9,2
	De 2.000 a 4.000m ³ /mês	18	20,7
	De 4.000 a 6.000m ³ /mês	9	10,3
	De 6.000 a 10.000m ³ /mês	17	19,5
	De 10.000 a 20.000m ³ /mês	4	4,6
	De 20.000 a 50.000m ³ /mês	3	3,4
	Acima de 50.000m ³ /mês	6	6,9
total		87	100

Item da pesquisa	Categorias	Respostas válidas	Frequência (%) (*)
Área operação	Até 5000 m ²	14	13
	De 5000 m ² a 10 000 m ²	17	16
	De 10 000 m ² a 50 000 m ²	51	47
	De 50 000 m ² a 100 000 m ²	12	11
	De 100 000 m ² a 200 000 m ²	3	3
	Acima de 200 000 m ²	11	10
	total	108	100
Volume de RCD recebido	Abaixo de 1000 m ³ por mês	26	24
	De 1000 m ³ a 2000 m ³ por mês	27	25
	De 2000 m ³ a 4000 m ³ por mês	22	21
	De 4000 m ³ a 8000 m ³ por mês	18	17
	De 8000 m ³ a 10 000 m ³ por mês	2	2
	Acima de 10 000 m ³ por mês	12	11
	total	107	100
Teor de rejeitos	Até 10%	50	51
	De 11% a 20%	25	25
	De 21% a 30%	7	7
	De 31% a 40%	11	11
	Acima de 41%	6	6
	total	99	100
Número funcionários na reciclagem	De 5 a 10 funcionários	64	60
	De 11 a 20 funcionários	24	22
	De 21 a 50 funcionários	17	16
	De 51 a 100 funcionários	2	2
	total	107	100
Produção de agregado reciclado [RCD recebido - (1 - rejeito, fração)]	Até 1.000m ³ /mês	23	24
	De 1.000 a 2000m ³ /mês	26	27
	De 2.000 a 3.000m ³ /mês	5	5
	De 3.000 a 4.000m ³ /mês	15	15
	De 4.000 a 5.000m ³ /mês	1	1
	De 5.000 a 6.000m ³ /mês	0	0
	De 6.000 a 7.000m ³ /mês	10	10
	De 7.000 a 8.000m ³ /mês	10	10
	De 8.000 a 9.000m ³ /mês	2	2
	De 9.000 a 10.000m ³ /mês	5	5
	total	97	100
Ensaio técnico nos produtos	Não realiza/ Nunca realizou	28	34
	Somente sob solicitação	26	32
	Esporadicamente	21	26
	Mensalmente	5	6
	Semanalmente	2	2
	total	82	100

(*) Número de respostas / total de respostas

(J) Perfil da produção das usinas (PS 2019/2020)

Item da pesquisa	Categorias	Soma do item	Frequência (%) (*)
Quem são os compradores de agregados reciclados	Pessoa física	356	26
	Órgãos públicos	301	22
	Construtoras	285	20
	Outros	251	17
	Pavimentadoras	200	14

Tipos	Freq. de respostas (%)	Fator de produção (*)	Volume produzido estimado (%)
Bica corrida reciclada	71%	1.0	71
Pedrisco reciclado	70%	0.3	21
Rachão reciclado	68%	0.2	14
Brita reciclada	68%	0.2	14
Areia reciclada	67%	0.2	13
Pó de pedra reciclada	36%	0.1	4
Cavaco reciclado	14%	0.1	1
Artefatos de concreto, outros	15%	0.1	1
Total			100

(*) Estimativa feita com base no balanço de massa médio de produtos das usinas.



DESCARTE CORRETAMENTE O ENTULHO GERADO.

Você tem responsabilidade
no entulho que gera.

Contribua com o
meio ambiente.

Faça sua parte.

Acesse e entenda:
www.abrecon.org.br

abrecon

Associação Brasileira para Reciclagem de
Resíduos da Construção Civil e Demolição



**PESQUISA
SETORIAL
ABRECON
2020**

abrecon

Associação Brasileira para Reciclagem de
Resíduos da Construção Civil e Demolição

www.abrecon.org.br