

**ENGENHARIA NA PRÁTICA:  
CONSTRUÇÃO E INOVAÇÃO  
VOL. 5**

---

ORGANIZADORES  
BRUNO MATOS DE FARIAS  
PEDRO PASCOAL SAVA

  
epitaya  
Editora

Bruno Matos de Farias  
Pedro Pascoal Sava  
Organizadores

ENGENHARIA NA PRÁTICA: CONSTRUÇÃO E  
INOVAÇÃO – VOL 5

1ª Edição



Rio de Janeiro – RJ  
2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

E57      Engenharia na prática [livro eletrônico] : construção e inovação:  
vol. 5 / Organizadores Bruno Matos de Farias, Pedro Pascoal  
Sava. – Rio de Janeiro, RJ: Epitaya, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-87809-61-8

1. Engenharia civil. 2. Construção civil. I. Farias, Bruno Matos de.  
II. Sava, Pedro Pascoal.

CDD624.1

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior –CRB6/2422**

Epitaya Propriedade Intelectual Editora Ltda  
Rio de Janeiro / RJ  
contato@epitaya.com.br  
<http://www.epitaya.com.br>



Bruno Matos de Farias  
Pedro Pascoal Sava  
Organizadores

ENGENHARIA NA PRÁTICA: CONSTRUÇÃO E  
INOVAÇÃO – VOL 5



Rio de Janeiro – RJ  
2022

## **CONSELHO EDITORIAL**

<b>EDITOR RESPONSÁVEL</b>	Bruno Matos de Farias
<b>ASSESSORIA EDITORIAL</b>	Helena Portes Sava de Farias
<b>ASSISTENTE EDITORIAL</b>	Milene Cordeiro de Farias
<b>MARKETING / DESIGN</b>	Gercton Bernardo Coitinho
<b>DIAGRAMAÇÃO/ CAPA</b>	Bruno Matos de Farias
<b>REVISÃO</b>	Autores

---

## **COMITÊ CIENTÍFICO**

<b>PESQUISADORES</b>	Profa. Kátia Eliane Santos Avelar
	Profa. Fabiana Ferreira Koopmans
	Profa. Maria Lelita Xavier
	Profa. Eluana Borges Leitão de Figueiredo
	Profa. Maria Regina da Silva Pinheiro
	Profa. Cleide Gonçalo Rufino
	Profa. Roberta Kele Ribeiro Ferreira
	Profa. Pauline Balabuch
	Prof. Thiago de Freitas França
	Prof. Daniel da Silva Granadeiro

## APRESENTAÇÃO

O capítulo 1 intitulado “MEDIDAS DE PRESERVAÇÃO DE ÁREAS DE CABECEIRAS: AS AMEAÇAS E AS NECESSIDADES DE PROTEÇÃO DOS MANANCIAS SUBTERRÂNEOS DO IJUÍ - RS” buscou avaliar a eficiência da proteção das cabeceiras e mananciais subterrâneos na Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí, localizada no Rio Grande do Sul.

No capítulo 2 intitulado “AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM AGREGADOS GRAÚDOS RECICLADOS COM DIFERENTES RESISTÊNCIAS ORIGINAIS” foi possível avaliar as propriedades mecânicas de concretos produzidos a partir de agregados graúdos provenientes de resíduos de concretos com diferentes resistências à compressão originais (Grupo 1: 15 a 20 MPa e Grupo 2: 35 a 40 MPa), além de diferentes taxas de substituição de agregados graúdos naturais por reciclados (30, 50 e 100%).

No capítulo 3 “CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE COOPERAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA - CONIGEPU: ESTUDO DE CASO DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, NA REGIÃO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL” os autores analisaram o trabalho realizado pelo Consórcio Intermunicipal de Cooperação em Gestão Pública (CONIGEPU) relativo ao gerenciamento dos resíduos sólidos, na região Norte do Rio Grande do Sul.

Já no capítulo 4 “INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE GRAUTEAMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO, DESLOCABILIDADE E MODO DE RUPTURA EM PRISMAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS DE CONCRETO” teve por objetivo comparar e avaliar prismas grauteados com dois diferentes concretos direcionados ao preenchimento dos blocos utilizados na alvenaria estrutural.

Boa leitura!

**Prof Dr Bruno Matos de Farias**  
Doutor em Desenvolvimento Local

## SUMÁRIO

<i>Capítulo 1.....</i>	<i>07</i>
MEDIDAS DE PRESERVAÇÃO DE ÁREAS DE CABECEIRAS: AS AMEAÇAS E AS NECESSIDADES DE PROTEÇÃO DOS MANANCIAIS SUBTERRÂNEOS DO IJUÍ – RS	
<i>Jaqueline Steffler Leobett; Mônica Parreira; Renata Welter Martins; Aline Raquel Müller Tones</i>	
<i>Capítulo 2.....</i>	<i>24</i>
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM AGREGADOS GRAÚDOS RECICLADOS COM DIFERENTES RESISTÊNCIAS ORIGINAIS	
<i>Juliana Corrêa Trindade; Sergio Luis González Garcia</i>	
<i>Capítulo 3.....</i>	<i>41</i>
CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE COOPERAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA - CONIGEPU: ESTUDO DE CASO DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, NA REGIÃO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL	
<i>Tainara Oliveira da Silva; Jaqueline Steffler Leobett; Mônica Parreira; Alcione Aparecida de Almeida Alves; Aline Raquel Muller Tones</i>	
<i>Capítulo 4.....</i>	<i>58</i>
INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE GRAUTEAMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO, DESLOCABILIDADE E MODO DE RUPTURA EM PRISMAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS DE CONCRETO	
<i>Valber Domingos Pinheiro; Jonas Alexandre; Juliana Corrêa Trindade; Thuany Lima</i>	

**Jaqueline Steffler Leobett**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária  
Universidade Federal da Fronteira Sul  
*Campus Cerro Largo*

**Mônica Parreira**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária  
Universidade Federal da Fronteira Sul  
*Campus Cerro Largo*

**Renata Welter Martins**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária  
Universidade Federal da Fronteira Sul  
*Campus Cerro Largo*

**Aline Raquel Müller Tones**

Dra. em Engenharia Química  
Universidade Federal da Fronteira Sul  
*Campus Cerro Largo*

**RESUMO**

A proteção das águas superficiais e subterrâneas é de fundamental importância para a garantia da qualidade e quantidade dos recursos hídricos para as gerações futuras. Este trabalho buscou avaliar a eficiência da proteção das cabeceiras e mananciais subterrâneos na Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí, localizada no Rio Grande do Sul. A metodologia utilizada consiste em uma pesquisa bibliográfica e documental com caráter qualitativo embasada em materiais disponíveis na literatura e em Planos de Bacia para a investigação dos dados referente as medidas de preservação das áreas de cabeceiras e mananciais subterrâneos. Por ser uma região voltada predominantemente para agricultura e pecuária, o uso das águas superficiais e subterrâneas é essencial para a manutenção das atividades desenvolvidas, todavia essas atividades têm forte potencial poluidor dos recursos hídricos quando desenvolvidas de forma errônea. Verificou-se que a região da bacia possui programas de proteção no seu Plano de Bacia, contudo a realidade por vezes não é a ideal. Nesse sentido buscou-se analisar as principais formas de proteção dos recursos hídricos dentro da bacia e propor ações corretivas dos impactos causados.

**Palavras-chave:** Recursos hídricos. Bacia hidrográfica. Conservação.

## INTRODUÇÃO

Conforme a Lei Federal Nº 9.433/1997 a bacia hidrográfica constitui-se como a unidade territorial para a implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). De tal modo, as bacias hidrográficas são unidades fundamentais para o desenvolvimento de ações e medidas alicerçadas na integração entre a gestão dos recursos hídricos e gestão ambiental em prol da conservação e preservação da mesma, bem como, os elementos intrínsecos a ela (CARVALHO, 2020).

Um dos pilares do desenvolvimento sustentável é o manutenção da bacia hidrográfica e o ecossistema inerente a ela em um nível saudável de conservação e preservação (LIU *et al.*, 2020). A maneira com que a água é gerenciada e utilizada em âmbito local é o fator determinante para causar ou evitar a escassez de uma dada região, uma vez que, as características envolvidas referem-se à qualidade, quantidade e facilidade de acesso à água (WWF, 2007).

No que concerne às águas subterrâneas, as mesmas não recebem a devida atenção por parte dos órgãos gestores, devido a desvalorização da importância desse recurso por parte do meio social (HIRATA; FERNANDES; BERTOLO, 2016). Neste panorama há a desenfreada prática de perfuração de poços sem o devido embasamento técnico e criticidade, e como consequência disso tem-se uma nociva ameaça à preservação e manutenção desses recursos (LINS *et al.*, 2020). A essa prática estão associados problemas de superexploração, conflitos pelo uso da água, contaminação e degradação dos recursos hídricos (CONICELLI; HIRATA, 2017).

No que se refere às nascentes, para além de uma visão conservacionista, encontram-se inseridas em áreas de preservação permanente (APPs). Diante disso, as legislações relativas à proteção e conservação de fatores relacionados aos cursos de água estão em constante transformação (FRUET, 2021).

No tocante da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei Nº 12.651/2012), no que tange às APPs e reservas legais (RL), determinadas disposições abrandam ou eximem a delimitação de áreas de proteção permanente, as quais anteriormente eram asseguradas pela Constituição Federal (CF) de 1965, cita-se como exemplo a exclusão de nascentes intermitentes da categoria de APPs (BRANCALION *et al.*, 2016). Como consequência há o comprometimento da eficiência de proteção e conservação dos recursos hídricos.

## REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção estão discutidos tópicos acerca da conceituação de Bacia Hidrográfica, assim como, as zonas de cabeceira e sua respectiva importância de preservação, por último, os poços dos mananciais subterrâneos.

## BACIAS HIDROGRÁFICAS

Consoante a Wang *et al.* (2016) e IBGE (2021), uma bacia hidrográfica é uma área topograficamente delineada que divide as águas pluviais, a qual é drenada por um sistema de córrego, determinando por onde as águas irão escoar até chegarem ao destino final, configurando-se como uma resposta hidrológica. Assim, para além de questões físicas e ambientais, é uma unidade sociopolítica.

No Brasil para a delimitação das Bacias, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) dividiu o país em doze Regiões Hidrográficas, dessa totalidade, duas regiões encontram-se inseridas no Rio Grande do Sul, sendo a Região Hidrográfica do Uruguai e do Atlântico Sul. As regiões hidrográficas contemplam bacias e sub-bacias de características culturais, sociais e econômicas semelhantes. O Brasil possui 883 Bacias Hidrográficas em todo território, já o estado do Rio Grande do Sul, detém 25 Bacias Hidrográficas, sendo considerado um dos estados brasileiros com maior oferta de água superficial (IBGE; ANA, 2021; SEMA, 2020).

Neste panorama, Mosaffaie *et al.* (2021) enfatizam que a avaliação da saúde das bacias hidrográficas, a qual refere-se a manutenção e proteção dos elementos que as compõem é crucial a sua gestão. Assim, Alilou *et al.* (2019), elencam que a avaliação da saúde das bacias hidrográficas é de extrema relevância a compreensão de suas condições, contribuindo à implementação de estratégias de gestão adequadas, conseqüentemente colaborando para uma gestão integrada e eficaz. Deste modo, a corroborar a saúde ambiental de uma bacia hidrográfica é necessário a compreensão e análise de seus recursos constituintes, dentre eles as zonas de cabeceira.

## ZONAS DE CABECEIRA E IMPORTÂNCIA DE PRESERVAÇÃO

Em conformidade com a Lei Nº 12.651/2012 em seu Artigo 3, inciso II, áreas de preservação permanente (APP) são as referidas áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, a qual exerce funções ambientais imprescindíveis, dentre elas estão a proteção dos recursos hídricos, da paisagem, estabilidade geológica e proteção do solo.

Neste contexto, compreende-se por cabeceira o primeiro trecho da nascente de um corpo hídrico, denominada também como fonte, manancial, lacrimal, minadouro; Deste modo, nem todo rio possui nascente, pois alguns são formados por dois ou mais rios; A qualidade da água neste tipo de região costuma ter uma qualidade elevada quando comparada a outros trechos do corpo hídrico; Em razão disto, a preservação destes pontos é importante para garantir a qualidade e a disponibilidade das águas nos sistemas de água doce (IHGMS, 2014).

O crescimento desordenado das cidades em conjunto com a falta de investimentos para o atendimento das necessidades básicas da população contribui para a ocupação das cabeceiras de forma inadequada, canalização ou retificação de canais fluviais e má construção dos mesmos, os quais

transpassam as áreas urbanas. À vista disso, o desordenamento urbano reflete no desequilíbrio ambiental, o qual acarreta em danos, alterações e prejuízos aos recursos hídricos como desmoronamentos, processos erosivos, desmatamentos e até poluição hídrica de uma determinada bacia hidrográfica (JUNIOR FRANÇA; DALLA VILLA, 2013; FIORESE, 2021 apud MENEQUINI; PELISSARI, 2016).

A problemática da proteção das nascentes, mananciais e olhos d'água está diretamente relacionada às políticas públicas; A grande parcela das fontes de água é de domínio estadual, assim, cabe aos Comitês de Bacia a proposição de diretrizes e medidas que promovam a proteção quanto aos recursos hídricos (WWF-BRASIL, 2007).

Nessa conjuntura, existem numerosas práticas que visam a proteção e conservação dos recursos hídricos, dentre elas podem ser citadas a proteção das nascentes com a técnica solo-cimento, terraceamento, curvas de nível, plantio direto, rotação de culturas, isolamento da área e recuperação da cobertura vegetal (GONÇALVES; MEZZOMO; GONÇALVES, 2020).

Neste contexto, Paniago *et al.* (2019) destacam a importância da presença de vegetação ciliar, pois a mesma atua como uma barreira física, conseqüentemente é responsável por minimizar os processos de assoreamento, auxiliar na estabilidade dos solos marginais, carreamento e percolação de lixiviado e defensivos agrícolas. Tal como, a vegetação ciliar atua como filtro, possibilitando a retenção de sedimentos.

Em concordância com Jakeman, Hunt e Ross (2016) a sustentabilidade e proteção dos mananciais subterrâneos estão diretamente ligados aos fatores sociais, políticos, culturais e a relação entre o ambiente e o ser humano, no que tange aos usos da água e preocupações futuras com a disponibilidade e qualidade da água.

## POÇOS DOS MANANCIAIS SUBTERRÂNEOS

No Rio Grande do Sul o Decreto N° 42.047, de 26 de dezembro de 2002, contempla a proteção das águas subterrâneas no Estado. Em seu Art. 3° estabelece que para a gestão adequada das águas subterrâneas tais ações devem ser seguidas:

- I - Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos e o planejamento do seu aproveitamento racional; II - Aplicação de medidas relativas à proteção e conservação dos recursos hídricos subterrâneos. (RIO GRANDE DO SUL, 2002, p.1).

Em virtude dos recorrentes episódios de estiagem no Rio Grande do Sul, o uso das águas subterrâneas para abastecimento público tem se tornado uma alternativa viável, visto a oferta desse recurso no Estado (MACHADO, 2015). De forma corriqueira destacam-se os poços, em que na Bacia do Rio Ijuí o uso da água destina-se para o abastecimento doméstico, tanto para áreas urbanas, quanto para áreas rurais, abastecimento em

comércios e indústrias de pequeno e médio porte, em virtude da sua qualidade e da acessibilidade para retirada da água (KUNZE *et al.*, 2017; SEMA, 2012). Estima-se que as águas subterrâneas representam cerca de 20% do consumo mundial de água (JAKEMAN; HUNT; ROSS, 2016).

Em decorrência do uso das águas subterrâneas surgem os impactos de superexploração e poluição das águas, os quais podem ser indetectáveis por décadas ou séculos, representando um grande desafio para a gerência desses mananciais; Frente a isso o envolvimento das partes interessadas é essencial para obter uma gestão integrada das águas subterrâneas, visto que assegura diversas áreas de interesse, auxilia na melhor compreensão das demandas referentes aos recursos, garante que as perspectivas e conhecimentos sejam compartilhados e compreendidos e ainda divulga informações científicas utilizadas pelos gestores (JAKEMAN; HUNT; ROSS, 2016).

Visando a proteção dos mananciais subterrâneos o cadastramento dos poços é essencial para obter informações hidrológicas e hidrogeológicas do Brasil, servindo como estratégia para o bom gerenciamento dos recursos hídricos. Neste panorama, possibilita a realização de análises e estudos acerca da qualidade físico-química das águas subterrâneas, além de auxiliar no desenvolvimento de projetos de engenharia no que tange à minimização e precaução das doenças disseminadas pela água, e nos setores da agricultura, transporte, energia e abastecimento. De forma a facilitar a realização do cadastramento de poços de águas subterrâneas, o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) tornou-se um instrumento de grande valia (NASCIMENTO; CARVALHO; PEIXINHO, 2008; TRAININI; FREITAS, 2006).

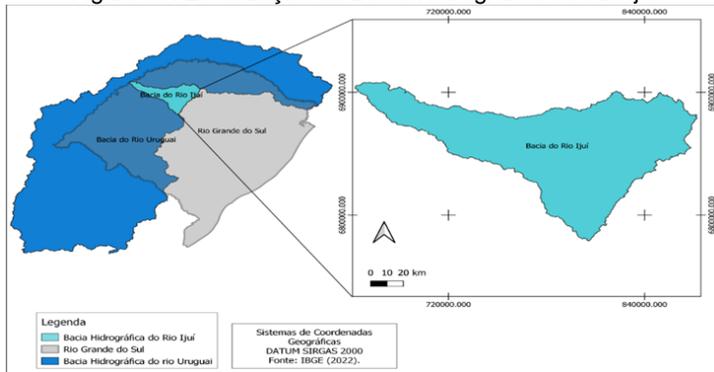
## **METODOLOGIA**

O referido estudo classifica-se como uma pesquisa bibliográfica e documental embasada em materiais já publicados com caráter qualitativo (GIL, 2017). A pesquisa foi alicerçada na coleta de dados obtidos através de revisão bibliográfica e documental dos Planos de Bacia, bem como coleta em plataformas eletrônicas de livre acesso.

## **CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IJUÍ**

A Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí encontra-se localizada na Região Hidrográfica do Uruguai, com uma área de aproximadamente 10.766 km<sup>2</sup>, estão inseridos na Bacia 36 municípios do estado do Rio Grande do Sul, os quais apresentam uma população estimada de 348.203 habitantes (2020), dessa totalidade, 71.402 habitantes residem em áreas rurais, e o restante, 276.800 habitantes residem em áreas urbanas (SEMA, 2022). Na Figura 01, está indicada a localização da Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí.

Figura 01: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí

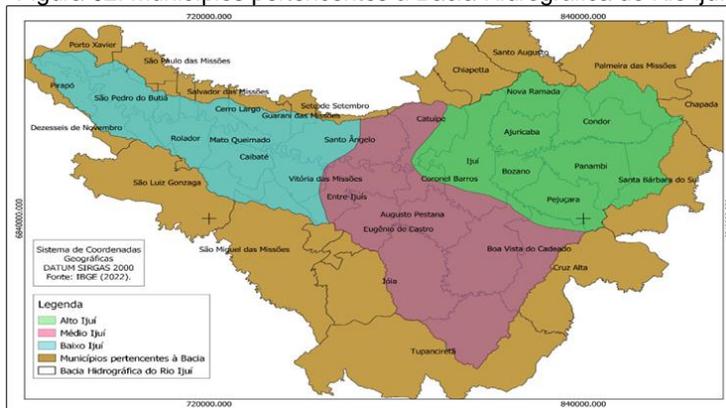


Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

De acordo com o Relatório Final, o Plano de Bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí fora elaborado através da divisão da bacia em três grandes regiões e em nove unidades de gestão (UG), as quais são: Alto Ijuí, a qual corresponde a 35,2% da área total da bacia, com 4 UG; Médio Ijuí, equivalente a 38,9%, com 3 UG; e ainda Baixo Ijuí, representando 25,9%, com 2 UG (SEMA, 2012).

No que tange aos municípios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí, conforme dados da SEMA (2022), encontram-se inseridos 36 municípios, entretanto no mapa evidenciam-se 38 municípios, dentre eles destacam-se Chiapeta e Santo Augusto, ambos não são elencados pela SEMA em virtude da sua contribuição não expressiva na bacia. Na Figura 02 estão apresentados os municípios pertencentes à Bacia.

Figura 02: Municípios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

As áreas de contribuição dos municípios na bacia variam de 1% correspondendo ao município de Chapada, até 100% de contribuição,

refletindo os municípios de Ajuricaba, Augusto Pestana, Boa Vista do Cadeado, Bozano, Caibaté, Condor, Coronel Barros, Ijuí, Mato Queimado, Nova Ramada, Pejuçara e Vitória das Missões (SEMA, 2022).

## USOS DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IJUÍ

A Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí é extremamente importante visto a interdependência dos seres vivos e populações humanas que a utilizam. A região caracteriza-se por ser predominantemente rural, dedicada principalmente ao cultivo de soja, milho e trigo. Dados do Informativo do Plano de Bacia do Rio Ijuí retratam que cerca de 88,7% das áreas são designadas para atividades agropecuárias, em que os principais rebanhos estimados na bacia foram bovinos de corte, vacas leiteiras e suínos (SEMA, 2012).

Ainda segundo dados do Informativo do Plano de Bacia do Rio Ijuí, da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Sul (SEMA, 2012), os usos consuntivos da Bacia, ou seja, usos que consomem água diretamente, baseiam-se principalmente no abastecimento público, dessedentação animal e irrigação. No ano de 2012 a demanda de água para abastecimento chegava a cerca de 1.300 L/s, destes cerca de 65% eram provenientes de águas superficiais e 35% de águas subterrâneas. A criação animal, demandava cerca de 580 L/s no ano de 2012. Já a irrigação para as culturas de soja, milho e trigo utiliza a água em períodos sazonais, compreendendo os meses de novembro a fevereiro, onde a demanda chegava a cerca de 960 L/s. Apesar de não ser expressivo na região, ainda se faz o uso para o abastecimento industrial.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção estão descritos os resultados acerca da análise da proteção das cabeceiras e mananciais subterrâneos no que tange a Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí. Deste modo, também serão expostas as principais formas de proteção dos recursos hídricos e ações corretivas dos impactos causados.

## MEDIDAS DE PRESERVAÇÃO DAS ÁREAS DE CABECEIRAS DA BACIA DO RIO IJUÍ

De acordo com o Relatório Técnico 3, referente a obtenção de informações complementares e consolidação de diagnóstico (atividades A2 e A3) disponibilizado pela SEMA (2011), nas zonas de cabeceiras e no trecho do Baixo Ijuí predominam as terras recomendadas para manutenção da vegetação natural, as quais ocupam 8,9% da área da bacia. Essa classe decorre da alta suscetibilidade à erosão e degradação e impedimento à mecanização em virtude da baixa profundidade e relevo acidentado.

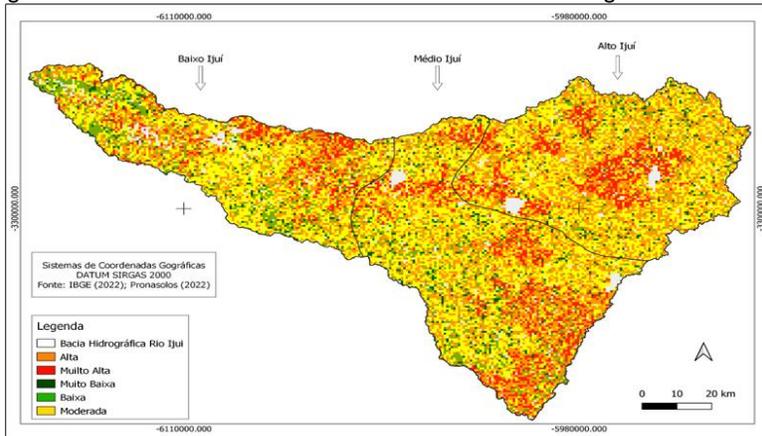
Na Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí, conforme explanado no Relatório Final do Processo de Planejamento dos Usos da Água na Bacia Hidrográfica

do Rio Ijuí - Enquadramento, de fevereiro de 2012 disponibilizado pela SEMA, as denominadas áreas "super utilizadas" representam 8,2% da Bacia, áreas essas que apresentam consideráveis problemas de conservação, sendo os mesmos suscetíveis a degradação e erosão do solo.

Assim, neste panorama, aproximadamente 30% dos solos que compõem a bacia são suscetíveis à erosão nula, ou seja, conforme apontado por Calderano Filho et al. (2014), são áreas com declive inferior a 3%, não oferecendo risco significativo à erosão hídrica, uma vez que o assoreamento superficial é fraco ou lento. Da mesma forma, os solos da bacia possuem suscetibilidade à erosão nula/ligeira (21%), ligeira/moderada (26%), moderada/ forte (16%) e erosão forte (9%).

Assim, verifica-se erosão nula nos trechos do Rio Ijuizinho (5,6%) e Baixo Ijuí – Trecho Baixo (5,1%); erosão nula/ligeira nos trechos Rio Ijuizinho (5,1%) e Rio Conceição (3,3%); erosão ligeira/moderada nos trechos Rio Ijuizinho (6,5%), Baixo Ijuí – Trecho Baixo (3,4%) e Alto Ijuí (3,3%); erosão moderada/forte nos trechos Rio Ijuizinho (4,1%) e Baixo Ijuí – Trecho médio (2,5%); e ainda erosão forte nos trechos Baixo Ijuí – Trechos Baixo e Médio (5,5%). Cabe destacar que na bacia, as cotas mínimas giram em torno de 49 metros e as máximas em 628 metros de altitude, correspondendo a uma amplitude de 579 metros (SCHEREN; ROBAINA, 2019). Na Figura 03 a seguir é possível identificar as áreas mais propícias à erosão na bacia hidrográfica do Rio Ijuí.

Figura 03: Suscetibilidade à erosão hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí



Fonte: Elaborado pelas autoras com base em Pronasolos, 2022.

Em conformidade com o Relatório da SEMA (2012), quanto às áreas de erosão forte, são recomendadas medidas, as quais incluem a predominância dessas áreas para preservação natural. Na condição de uso agrícola e agropecuário aconselha-se o reflorestamento ou a adequação de atividades menos intensivas, em que o uso de cultivos anuais não é prudente.

Neste contexto, na Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí para além das áreas

de preservação permanente delimitadas no que tange as classes do uso do solo e cobertura vegetal, estão apresentados na Tabela 01, o uso e cobertura vegetal em áreas de preservação permanente nas faixas marginais dos corpos hídricos.

Tabela 01 – Uso e cobertura vegetal em áreas de preservação permanente nas faixas marginais dos corpos hídricos

Classes do uso do solo	Área (ha)	Área (%)
Agropecuária	72.036,08	76,65
Mata nativa	20.205,42	21,50
Campo	1.130,32	1,20
Área urbana	579,37	0,62
Silvicultura	28,27	0,03
Total	93.979,46	100

Fonte: SEMA, 2012.

Conforme exposto na Tabela 01 e especificações realçadas pela SEMA (2012), verifica-se que a agropecuária se destaca quanto ao uso e cobertura vegetal nas áreas de preservação permanente dos cursos de águas, a qual corresponde a 76,65% da totalidade. Adicionalmente, na segunda posição está a mata nativa, a qual faz o uso de 9% da área da Bacia do Rio Ijuí, enquanto nas proximidades dos cursos de água 21,50%. Dessa forma, infere-se que nas proximidades dos corpos hídricos há maior prevalência de manchas remanescentes de vegetação nativa, sendo mais significativo que na bacia como um todo.

## PROTEÇÃO DOS MANANCIAIS SUBTERRÂNEOS NA BACIA DO RIO IJUÍ

Segundo dados do Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul - SIOUT (2022), no referido Estado encontram-se 13.360 cadastramentos concluídos de poços de águas subterrâneas, 10 cadastramentos aguardando aprovação, e 321 em andamento. No que tange a Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí, existem apenas 501 cadastramentos, 22 em andamento. Diante dos resultados apresentados percebe-se a existência de uma grande quantidade de poços irregulares na Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí, visto que a referida bacia é pertencente a 36 municípios gaúchos.

A Política Nacional dos Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei N° 9.433 de 1997, em seu Art. 49, define as infrações das normas de utilização dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, dentre as infrações

destaca-se a perfuração ou operação de poços artesianos sem autorização do órgão responsável. Segundo um estudo realizado pelo Instituto Trata Brasil, no ano de 2016 o Brasil contava com mais de 2,5 milhões de poços tubulares (artesianos ou semi artesianos), contudo destes cerca de 88% são clandestinos, ou seja, não estão cadastrados nos sistemas oficiais do poder público (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2019).

Um estudo realizado por Almeida e Santos (2008) fez a análise da qualidade das águas dos poços de abastecimento de três comunidades do município de Santo Ângelo, o qual encontra-se localizado dentro da Bacia do Ijuí. Os resultados indicaram que 95% dos poços do interior são ilegais e não estão de acordo com as normas de perfuração e estruturação estabelecidas pela ABNT NBR 12.212:1992 a qual fixa as condições para elaboração de projeto de poço para captação de água subterrânea para abastecimento público.

Devido a região das Missões do Rio Grande do Sul ser amplamente voltada para a agricultura e pecuária, um estudo realizado por Ferreira et al. (2021) buscou fazer a análise da presença de multiresíduos de agrotóxicos em poço cadastrados de abastecimento público de água no meio rural em um dos municípios que compõem a região. Os resultados indicam que a qualidade das águas de alguns desses poços é comprometida com a presença de agrotóxicos e tal contaminação pode se dar devido a falhas construtivas e de proteção destes locais.

## PROPOSIÇÕES DE MEDIDAS DE PRESERVAÇÃO DAS ZONAS DE CABECEIRAS E MANANCIAIS SUBTERRÂNEOS

Em concordância com Ezezinos (2021) processos de degradação das áreas de preservação permanente a exemplo das nascentes e matas ciliares, como também, dos mananciais subterrâneos podem provocar graves impactos ambientais, acarretando danos às matrizes ambientais. Nesse contexto, a proposição de medidas de preservação é essencial aos recursos hídricos.

De acordo com o Relatório Síntese relativo a Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo, Santa Rosa e Santo Cristo (ENGEPLUS, 2012), há numerosas medidas a serem implantadas e realizadas a fim de contribuir para a melhoria das águas superficiais e subterrâneas. Neste contexto, estão englobadas a controle da erosão e do assoreamento, por meio do indicativo de práticas de manejo de solos, bem como, preservação/recuperação de matas ciliares e áreas de nascentes, a qual está diretamente relacionada à preservação e recuperação da cobertura vegetal, com o intuito de reduzir o carreamento de poluentes ao corpo hídrico. Para além disso, podem ser citadas a implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário e coleta e destinação final dos resíduos sólidos.

Ainda no Estado do Rio Grande do Sul, a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos apresenta uma realidade bem diferente em relação à consolidação do seu Plano de Bacia. O plano elaborado em 2014 conta com inúmeros

programas de ação prioritária que tem como objetivo a recuperação da qualidade e quantidade das águas do Rio dos Sinos. Entre os programas criados na bacia destacam-se o Programa de Redução das Cargas Poluidoras, Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo, Programa de Proteção e Minimização dos Impactos Negativos das Cheias, Programa de Aumento da Disponibilidade Hídrica, Programa de Otimização de Demandas de Água, Programa de Gestão de Áreas Protegidas, Programa: Vazão Ecológica, Programa de Educação, Mobilização e Comunicação e Programa de Acompanhamento da Implementação do Plano de Bacia (COMITESINOS, 2014).

A criação e implementação destes programas na Bacia do Rio dos Sinos é de fundamental importância visto a poluição hídrica da região ocasionada pela forte presença de indústrias nas proximidades e pode servir de exemplo para demais bacias em cenários futuros. Ademais a efetivação desses programas no Rio dos Sinos ocorre de forma facilitada quando comparada com bacias como a do Ijuí em virtude de o Comitê de Bacia já estar extremamente consolidado.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através da realização do referido estudo constatou-se que a preservação e conservação das zonas de cabeceira e dos mananciais subterrâneos é imprescindível para as questões relacionadas à disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos.

Neste cenário, constata-se que no tocante da Lei Federal Nº 9.433/1997 a bacia hidrográfica é a unidade de planejamento para a proposição de medidas e ações que visam a conservação dos recursos hídricos e da bacia hidrográfica como um todo. Em contraponto, a eficiência de proteção e conservação dos recursos hídricos é comprometida quando há o abrandamento e exclusão de aspectos já previstos em lei, como observado na Lei Nº 12.651/2012.

No que tange aos poços, constatou-se que o cadastramento é de suma importância, uma vez que garante o controle da quantidade e qualidade das águas subterrâneas. Verificou-se que na Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí são poucos os poços cadastrados, frente a isso, fazem-se necessário o cadastramento dos mesmos e a adequação dos poços irregulares em questões construtivas, a fim de garantir a qualidade dos mananciais, e evitar danos e riscos ao meio ambiente.

Quanto à proposição de ações de preservação das zonas de cabeceira e mananciais subterrâneos elencados nos planos de bacia, constata-se a presença essencialmente de manejo do solo, coleta e tratamento de esgoto, recuperação de vegetação e mata ciliar. Desse modo, a adoção de medidas de preservação e conservação vão ao encontro das particularidades de cada bacia hidrográfica, como também, da consolidação dos comitês de bacias e das legislações pertinentes.

## REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.212**. Esta Norma fixa as condições exigíveis para a elaboração de projeto de poço para captação de água subterrânea para abastecimento público. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-12.212-Projeto-de-Po%C3%A7os-Para-Capta%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%81guas-Subterr%C3%A2neas.pdf>. Acesso: 21/07/2022.

ALILOU, Hossein; RAHMATI, Omid; SINGH, Vijay P.; CHOUBIN, Bahram; PRADHAN, Biswajeet; KEESSTRA, Saskia; GHIASI, Seid Saeid; SADEGHI, Seyed Hamidreza. **Evaluation of watershed health using Fuzzy-ANP approach considering geo-environmental and topo-hydrological criteria**. Journal Of Environmental Management, [S.L.], v. 232, p. 22-36, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.019>.

ALMEIDA, Fabiane Malakowski de; SANTOS, Zuleica Souza dos. **VIII-053 – Comprometimento com a construção da cidadania e do saneamento em comunidades rurais da região missioneira, no Rio Grande Do Sul**. In: 25º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25., 2008, Recife. Anais [...]. Recife: ABES-Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2008. p. 1-7.

BRANCALION, Pedro H.s.; GARCIA, Letícia C.; LOYOLA, Rafael; RODRIGUES, Ricardo R.; PILLAR, Valério D.; LEWINSOHN, Thomas M. **Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso**. Natureza & Conservação, [S.L.], v. 14, p. 1-16, abr. 2016. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ncon.2016.03.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1679007316300032>. Acesso: 23/07/2022.

BRASIL - World Wide Fund For Nature. **Nascentes do Brasil: estratégias para a proteção de cabeceiras em bacias hidrográficas**. São Paulo: Lalala, 2007. 141 p. Disponível em: <https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/nascentes-do-brasil-estrategias-para-a-protECAo-de-cabeceiras-em-bacias-hidrograficas.pdf>. Acesso: 23/07/2022.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Presidência da República: Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília, 25 maio 2012.

BRASIL. **Lei nº 9433, de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, 8 jan. 1997.

CALDERANO FILHO, Braz et al. **Suscetibilidade dos solos à erosão na área de entorno do reservatório da usina hidrelétrica de tombos (MG)**. Revista Geonorte, Tombos - MG, v. 10, n. 10, p. 476-481, 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1003855>. Acesso: 19/07/2022.

CARVALHO, Andreza Tacyana Felix. **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil**. Pau dos Ferros: Caderno Prudentino de Geografia, 2020. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953/5482>. Acesso em: 30 jul. 2022.

CONICELLI, Bruno Pirilo; HIRATA, Ricardo. **Novos paradigmas na gestão das águas subterrâneas**. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28712>. Acesso em: 30 jul. 2022.

ENGEPLUS. ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA. (Rio Grande do Sul). Sema. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Elaboração de Serviço de Consultoria Relativo do Processo de Planejamento dos Usos da Água da Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo – Enquadramento**. 2012. 143 p. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/u030-bh-turvo>. Acesso: 27/07/2022.

EZEZINOS, Karen Esteves. **Diagnóstico da microbacia do ribeirão Achado no município de Santana do Paraíso/MG e proposição de medidas para revitalização de nascentes**. 2021. 125 f. Dissertação (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos Profágua, Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Itabira, 2021. Disponível em: [https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/3185/Dissertacao\\_Karen\\_Esteves\\_Ezezinos\\_rev\\_final%20-%20Karen%20Esteves%20Ezezinos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/3185/Dissertacao_Karen_Esteves_Ezezinos_rev_final%20-%20Karen%20Esteves%20Ezezinos.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 30 jul. 2022.

FERREIRA, Júlia Villela Toledo et al. **Análise dos aspectos construtivos de poços de captação de água subterrânea para fins de consumo humano e possível inter relações da poluição/contaminação por multiresíduos de agrotóxicos**. In: XI Jornada de Iniciação Científica e

Tecnológica, 11., 2021, [S.l.]. Anais [...].UFFS, 2021. p. 1-5.

FIORESE, Caio Henrique Ungarato. **Dinâmica do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Fruteiras, Estado do Espírito Santo, Brasil.** Labor e Engenho, v. 15, p. e021002-e021002, 2021. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/8659875/27019>. Acesso em: 06/08/2022.

FRUET, Jaqueline Gorisch Wilkomm. **Análise da estrutura e funcionamento de cabeceiras de drenagem: subsídios para a conservação de nascentes.** 2021. 369 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá – Uem, Maringá – Pr, 2021. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/6313>. Acesso: 23/07/2022.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** Editora Atlas S. A., 6ª edição, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://doceru.com/doc/nc0cesv>. Acesso: 27/07/2022.

GONÇALVES, Marly de Souza; MEZZOMO, Maristela Denise Moresco; GONÇALVES, Morgana Suszek. **NASCENTES: riscos e impactos.** Campo Mourão: Lalala, 2020. 26 p. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5200>. Acesso em: 23 jul. 2022.

HIRATA, Ricardo; FERNANDES, Amélia João; BERTOLO, Reginaldo. As águas subterrâneas: longe dos olhos, longe do coração e das ações para sua proteção. Acta Paulista de Enfermagem, [S.L.], v. 29, n. 6, p. 3-4, dez. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0194201600084>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Série de relatórios metodológicos: bacias e divisões hidrográficas do Brasil.** Rio de Janeiro: 2021. 164 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101854>. Acesso em: 30 jul. 2022.

IHGMS. Instituto Histórico e Geográfico do Mato Grosso do Sul. 2022. **Em Hidrografia, O Que é Cabeceira?**. Disponível em: <https://ihgms.org.br/vc-sabia/em-hidrografia-o-que-e-cabeceira172#:~:text=Cabeceira%20%C3%A9%20o%20primeiro%20trecho,dos%20rios%20Grande%20e%20Parana%C3%ADba>. Acesso: 17/07/2022.

**Informativo do plano do Rio Ijuí.** Rio Grande do Sul: abr. 2012. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/u090-bh-ijui>. Acesso em: 23 jul. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil:: uma análise da importância do recurso e os**

**riscos pela falta de saneamento.** São Paulo, 2019.

JAKEMAN, Anthony J.; HUNT, Olivier Barreteau Randall J; ROSS, Jean-Daniel Rinaudo Andrew. **Integrated Groundwater Management Concepts, Approaches and Challenges.** National Centre for Groundwater research and training. 2016. p. 3, 748. DOI 10.1007/978-3-319-23576-9. Acesso: 23/07/2022.

JUNIOR, Pedro França; DALLA VILLA, Maria Estela Casale. **Análise macroscópica nas cabeceiras de drenagem da área urbana de Umuarama, região noroeste-Paraná/Brasil.** Geografia Ensino & Pesquisa, p. 107-118, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/index.php/geografia/article/view/8743>. Acesso em: 06/08/2022.

KUNZE, Marco Antonio Bettu; PERAZZOLI, Mauricio; SALAMONI, Sabrina Pinto. **Mapeamento e qualidade de poços profundos na área central de videira -SC.** Santa Catarina, p. 01-13, 2017. Disponível em: <https://unoesc.emnuvens.com.br/apeuv/article/view/13386/7144>. Acesso em: 21 jul. 2022.

LINS, Eduardo Antonio Maia et al. **Impactos ambientais causados por perfurações.** Vitória, 2020. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2020/VIII-003.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2022.

LIU, Bo-Wei; WANG, Ming-Huang; CHEN, Tse-Lun; TSENG, Po-Chih; SUN, Yongjun; CHIANG, Andrew; CHIANG, Pen-Chi. **Establishment and implementation of green infrastructure practice for healthy watershed management: challenges and perspectives.** Water-Energy Nexus, [S.L.], v. 3, p. 186-197, 2020. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wen.2020.05.003>.

MOSAFFAIE, Jamal; JAM, Amin Salehpour; TABATABAEI, Mahmoud Reza; KOUSARI, Mahammad Reza. **Trend assessment of the watershed health based on DPSIR framework.** Land Use Policy, [S.L.], v. 100, p. 104911, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104911>.

NASCIMENTO, Flávia M. F., CARVALHO, José Emílio, PEIXINHO, Frederico Cláudio. **Sistema de Informações de Água Subterrânea – Siagas Histórico, Desafios de Perspectivas.** p. 01-18, 2008. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/905>. Acesso em: 21 jul. 2022.

PANIAGO, Viviane Rodrigues Cavalcante et al. **Análise da Cobertura do Solo em Áreas de Preservação Permanente (App) no Ribeirão Grimpas no Município de Hidrolândia-Go.** Santos, v. 00, n. 00, p. 1043-1046, abr.

2019. Disponível em:  
<http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.17.15.03.08/doc/mirror.cgi>. Acesso: 27/07/2022.

PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE LTDA. (Porto Alegre. Rs). **Relatório Rt3 - Fase C: Programa de ações**. Porto Alegre: 2014. 183 p. Disponível em: <http://www.comitesinos.com.br/planodebacia#>. Acesso em: 27 jul. 2022.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). **Decreto nº 42.047, de 26 de dezembro de 2002**. Regulamenta disposições da Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994, com alterações, relativas ao gerenciamento e à conservação das águas subterrâneas e dos aquíferos no Estado do Rio Grande do Sul. Decreto Nº 42.047. Rio Grande do Sul, RS.

SCHEREN, Rudimar Schuster; ROBAINA, Luís Eduardo de Souza. **Classificação geomorfométrica da bacia hidrográfica do rio Ijuí, RS**. Geografia Ensino & Pesquisa, [S.L.], v. 23, p. 1, 29 maio de 2019. Universidade Federal de Santa Maria. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2236499430262>.

SEMA, Secretaria Estadual do Meio Ambiente-. **Informativo do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí**. [S.l]: Sema, 2012.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente. **Encarte Final**. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/u090-bh-ijui>. Acesso: 25/07/2022.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente. Meio Ambiente: **Bacias e sub-bacias hidrográficas**. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/bacias-esubbaciasidrograficas#:~:text=O%20Rio%20Grande%20do%20Sul,do%20Gua%C3%ADba%20e%20a%20Litor%C3%A2nea>. Acesso 28/07/2022.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente. Relatório Final Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/u090-bh-ijui>. Acesso: 25/07/2022.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente. **Relatório Técnico 3 - Obtenção de Informações Complementares e Consolidação do Diagnóstico**. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/u090-bh-ijui>. Acesso: 25/07/2022.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente. **U090 - Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí**. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/u090-bh-ijui>. Acesso: 20/07/2022.

SILVA, Gisele Machado da. **Avaliação da ocorrência de seca no Estado do Rio Grande do Sul**. 2015. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/3217>. Acesso em: 23 jul. 2022.

SIOUT. Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul. Consulta SIOUT. Disponível em: <http://www.siout.rs.gov.br/consulta>. Acesso: 20/07/2022.

TRAININI, Douglas Roberto; FREITAS, Marcos Alexandre de. **Resultado de Cadastramento de Poços do Rio Grande do Sul pelo Serviço Geológico do Brasil.** p. 01-10, maio 2006. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/279666124\\_RESULTADO\\_DE\\_CADASTRAMENTO\\_DE\\_POCOS\\_NO\\_RIO\\_GRANDE\\_DO\\_SUL\\_PELoSERVICO\\_GEOLOGICO\\_DO\\_BRASIL](https://www.researchgate.net/publication/279666124_RESULTADO_DE_CADASTRAMENTO_DE_POCOS_NO_RIO_GRANDE_DO_SUL_PELoSERVICO_GEOLOGICO_DO_BRASIL). Acesso em: 21 jul. 2022.

WANG, Guangyu. **Gestão integrada de bacias hidrográficas: evolução, desenvolvimento e tendências emergentes.** Jornal de Pesquisa Florestal. p. 967-994. 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-016-0293-3#citeas>. Acesso em: 28 jul. 2022.

**Juliana Corrêa Trindade**

Instituto Federal do Espírito Santo  
(IFES/ Nova Venécia)

**Sergio Luis González Garcia**

Universidade Estadual do Norte Fluminense  
(UENF/ Campos dos Goytacazes)

## RESUMO

A utilização de agregados reciclados na produção de novos concretos se tornou, nos últimos anos, uma interessante alternativa capaz de reduzir a exploração de recursos naturais e mitigar a geração de resíduos sólidos na Construção Civil. Embora haja grande quantidade de estudos a respeito das propriedades mecânicas dos concretos com agregados graúdos reciclados, a influência da resistência à compressão original destes agregados ainda não foi alvo de investigação. Neste contexto, esta pesquisa teve por objetivo avaliar as propriedades mecânicas de concretos produzidos a partir de agregados graúdos provenientes de resíduos de concretos com diferentes resistências à compressão originais (Grupo 1: 15 a 20 MPa e Grupo 2: 35 a 40 MPa), além de diferentes taxas de substituição de agregados graúdos naturais por reciclados (30, 50 e 100%). Os resultados mostraram que pequenas alterações nas dosagens foram suficientes para se obter resistências à compressão aproximadas, não havendo diferenças significativas nesta propriedade entre os concretos avaliados. Já para a resistência à tração os diferentes concretos com agregados reciclados mostraram redução de cerca de 20% em relação ao concreto de referência, independentemente da resistência original e da taxa de substituição de agregados naturais por reciclados.

**Palavras-chave:** Agregados graúdos reciclados, Concreto, Propriedades mecânicas, Resistência à compressão original.

## INTRODUÇÃO

A exploração exacerbada de recursos naturais e a grande geração de resíduos, principalmente os chamados resíduos de construção e demolição (RCD), são inconvenientes associados diretamente à indústria da construção civil. A preocupação com o meio ambiente e com o esgotamento de tais recursos tem direcionado este setor a buscar alternativas que promovam sustentabilidade. Neste contexto, a reciclagem apresenta-se

como uma prática promissora capaz de reduzir a quantidade de resíduos dispostos em aterros, preservar recursos naturais e, até mesmo, gerar economia de custos.

Confirmada a viabilidade da reciclagem, mais uma vez a indústria da Construção Civil se apresenta como peça importante a ser ressaltada, pois atrelada à sua capacidade de geração de resíduos está a sua habilidade para absorção de novos materiais. Nas últimas décadas, os estudos relacionados aos materiais descartados por esse setor, intitulados resíduos de construção e demolição (RCD), obtiveram grandes avanços. A aplicação de agregados reciclados na produção de concretos é considerada como uma tentativa eficaz de fechamento do ciclo de vida dos materiais construtivos. Para esta finalidade os estudos buscam aplicar resíduos oriundos exclusivamente de concreto e, geralmente, na fração graúda.

Em concretos com agregados reciclados, agregados provenientes de estruturas de concreto demolidas são incorporados em argamassa de cimento virgem. Uma vez que os agregados reciclados são envoltos por uma camada de argamassa antiga e fraca, que não pode ser removida durante o processo de reciclagem, algumas alterações são esperadas nas propriedades mecânicas dos concretos produzidos a partir destes agregados (Xiao et al., 2012).

Apesar do grande número de estudos voltados para a caracterização mecânica de concretos com agregados reciclados, resultados divergentes ainda são reportados na literatura. Enquanto algumas pesquisas relatam redução em certas propriedades quando aplicados tais agregados, outras mostram não haver alterações quando feitas comparações entre as propriedades mecânicas de concretos com agregados naturais e reciclados.

Uma possível justificativa para esta divergência de resultados trata-se da origem dos agregados reciclados empregados nas pesquisas. Neste contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar as propriedades mecânicas de concretos produzidos a partir de agregados graúdos provenientes de resíduos de concretos com diferentes resistências à compressão originais e taxas de substituição de agregados graúdos naturais por reciclados.

## **PROGRAMA EXPERIMENTAL**

### **Materiais**

Para a produção dos concretos foi utilizado cimento Portland de alta resistência inicial conforme a ABNT NBR 16697 (2018). O agregado miúdo foi areia quartzosa, com massa específica real igual a  $2,65 \text{ g/cm}^3$  e módulo de finura de 2,52. O agregado graúdo natural foi brita granítica e os agregados graúdos reciclados foram provenientes de resíduos exclusivamente de concreto a partir de espécimes cilíndricos rompidos à compressão para controle tecnológico. A resistência original dos agregados reciclados, ou seja, a resistência à compressão dos concretos a partir dos quais estes agregados foram obtidos, foi uma variável analisada neste estudo. Dessa forma os

agregados reciclados foram divididos em dois grupos, o Grupo 1 cuja resistência original foi de 15 a 20 MPa e o Grupo 2 no qual o valor deste parâmetro foi de 35 a 40 MPa.

Para a produção dos agregados grãos reciclados foram coletados cerca de 200 espécimes cilíndricos. A primeira etapa consistiu na fragmentação dos espécimes em resíduos de tamanho pequeno suficiente para serem inseridos no britador do tipo mandíbula utilizado na pesquisa. Na sequência, o peneiramento foi realizado com o auxílio de peneiras granulométricas quadradas cujas aberturas eram de 12,5 e 4,75 mm. O material retido na peneira 4,75 mm e passante na peneira 12,5 mm foi aproveitado, enquanto a fração fina depositada no fundo foi descartada e a fração não passante na peneira 12,5 mm foi rebritada e sofreu novo peneiramento.

### **Caracterização dos agregados**

Para iniciar essa etapa, as amostras foram reduzidas de acordo com a ABNT NBR NM 27 (2001). Posteriormente, os agregados foram submetidos aos ensaios de composição granulométrica conforme ABNT NBR NM 248 (2003), abrasão Los Angeles segundo ABNT NBR NM 51 (2001) e massa específica real e unitária de acordo com ABNT NBR NM 53 (2009) e ABNT NBR NM 45 (2006), respectivamente. A Figura 4 mostra a etapa de caracterização dos agregados grãos naturais e reciclados.

Para determinação da quantidade de argamassa residual aderida ao agregado reciclado utilizou-se o procedimento descrito por Bazuco (1999). O ensaio consiste num ataque ácido por meio de uma solução contendo ácido clorídrico com concentração de 10% m/v. Três amostras de 100 gramas foram ensaiadas para cada grupo de britas. Durante a execução do ensaio, a amostra ficou imersa na solução por 24 horas onde apenas a argamassa residual foi atacada. Dessa forma, por diferença de massa, calculou-se a porcentagem desta argamassa residual. A Figura 1 mostra os agregados reciclados de ambos os grupos de resistência original sendo submetidos ao ataque químico.

Figura 1- Caracterização dos agregados graúdos: (a) composição granulométrica, (b) amostra antes do ensaio de Abrasão Los Angeles, (c) amostra retirada do tambor do ensaio Los Angeles, (d) massa específica, (e) absorção de água e (f) massa unitária.



Fonte: autores (2022).

## Dosagem dos concretos

Foram realizadas sete dosagens distintas, uma para o concreto de referência, três para os agregados reciclados do Grupo 1, com teores de substituição de 30, 50 e 100% de agregados graúdos naturais por reciclados e três para os do Grupo 2, com os mesmos teores de substituição. As dosagens foram realizadas utilizando-se o método da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). Os valores empregados para os cálculos foram os obtidos a partir dos ensaios de caracterização dos agregados. A resistência requerida aos 28 dias foi fixada em 30 MPa para todas as composições estudadas.

Além disso, foram seguidas recomendações para a dosagem e produção de concretos com agregados reciclados dispostas na literatura como o processo de pré-saturação e acréscimo de cimento, dependendo do percentual de agregado reciclado. O processo de pré-saturação foi feito com base na ABNT NBR 15116 (2004), que recomenda a utilização de cerca de 80% do teor de absorção de água do agregado reciclado. A Tabela 1 mostra as composições dos concretos avaliados neste estudo.

Tabela 1 – Composição dos concretos.

Material	Dosagens						
	1	2	3	4	5	6	7
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	431,25	431,25	422,33	422,33	416,15	416,15	410,00
Água (kg/m <sup>3</sup> )	269,54	270,29	250,52	250,88	241,41	241,63	230,00
Brita natural (kg/m <sup>3</sup> )	-	-	416,88	416,88	583,63	583,63	833,75
Brita 15-20 MPa (kg/m <sup>3</sup> )	-	678,50	-	339,25	-	203,55	-
Brita 35-40 MPa (kg/m <sup>3</sup> )	661,25	-	330,63	-	198,38	-	-
Areia (kg/m <sup>3</sup> )	918,90	890,70	911,77	897,71	915,12	906,66	911,50
Relação a/c (total)	0,623	0,626	0,593	0,595	0,581	0,580	0,560

Fonte: Autores (2022).

## Produção e cura dos concretos

Para o procedimento de mistura na produção dos concretos foi utilizado um misturador do tipo planetário. Foram executadas as seguintes etapas:

- umedecimento da betoneira com água;
- homogeneização dos agregados reciclados com a água de pré-saturação por 1 minuto;
- repouso por 10 minutos, com a betoneira desligada, para que os agregados absorvessem parte da água;
- adição dos agregados graúdos naturais e da metade da água com homogeneização por 1 minuto;
- acréscimo do cimento e da outra metade da água com homogeneização por 30 segundos;
- adição da areia com homogeneização por 2 minutos.

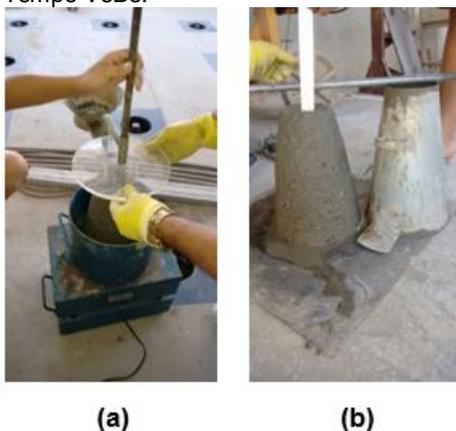
A moldagem e a cura dos corpos de prova foram executadas conforme procedimentos recomendados pela ABNT NBR 5738 (2016), sendo a cura realizada durante 28 dias em tanque de água saturada com cal.

## Caracterização dos concretos no estado fresco

Para determinar a consistência dos concretos produzidos, foram realizados ensaios de *slump test* e tempo VeBe. O primeiro ensaio, denominado abatimento do tronco de cone, foi realizado segundo a ABNT NBR NM 67 (1998). O ensaio de tempo VeBe, recomendado para concretos mais secos, não possui norma brasileira e, portanto, utilizou-se a norma britânica BS 1881 (1983).

O ensaio de tempo VeBe consiste na quantificação do tempo necessário para que o concreto moldado no tronco de cone do *slump test* atinja uma determinada compactação com o auxílio de uma mesa vibratória e de uma carga proporcionada por um disco de 1,9 kg apoiado sobre sua superfície. Quanto maior o tempo cronometrado, mais seco o concreto e, consequentemente, menos trabalhável. A Figura 2 mostra a realização dos ensaios descritos.

Figura 2 – Ensaios para avaliação da trabalhabilidade do concreto: (a) abatimento do tronco de cone e (b) Tempo VeBe.



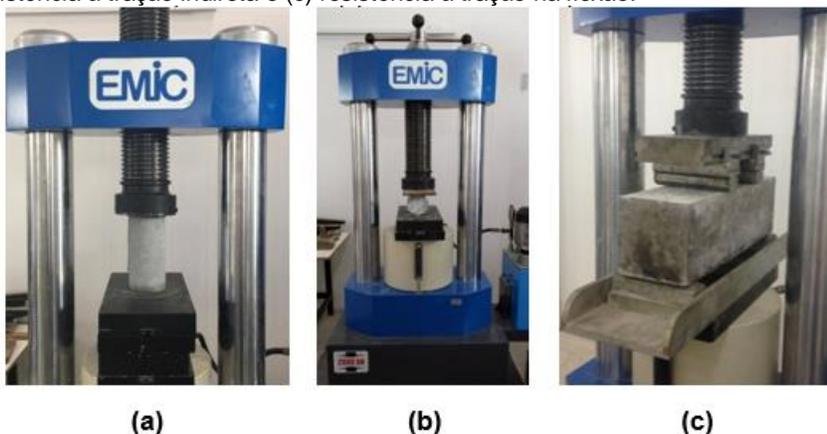
Fonte: Autores (2022).

### Caracterização dos concretos no estado endurecido

Nesta etapa foram realizados ensaios mecânicos para avaliar as seguintes propriedades: resistência à compressão ( $f_{cm}$ ) (ABNT NBR 5739, 2007), resistência à tração indireta ( $f_{ct,sp}$ ) (ABNT NBR 7222, 2011) e resistência à tração na flexão ( $f_{ct,f}$ ) (ABNT NBR 12142, 2010). Tais ensaios foram realizados com auxílio de uma máquina universal da empresa EMIC com capacidade de 2000 kN, aos 28 dias de idade.

Para os ensaios de resistência à compressão e tração indireta foram produzidos corpos de prova cilíndricos de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura. Já para o ensaio de resistência à tração na flexão foram produzidos corpos de prova prismáticos de seção transversal quadrada com 150 mm de aresta e 500 mm de comprimento, com vão livre de 450 mm. Para cada propriedade avaliada, três corpos de prova foram ensaiados. A Figura 3 mostra os ensaios de caracterização mecânica no estado endurecido.

Figura 3 – Ensaios de caracterização mecânica: (a) resistência à compressão, (b) resistência à tração indireta e (c) resistência à tração na flexão.



Fonte: Autores (2022).

## RESULTADOS

### Caracterização dos agregados

A Figura 4 mostra as curvas granulométricas dos agregados graúdos onde observa-se que as composições granulométricas dos dois grupos de britas recicladas foram muito semelhantes. Isso se deve ao fato de que o processo de reciclagem dos agregados foi controlado, sendo evitadas quaisquer diferenças no procedimento para ambos os grupos.

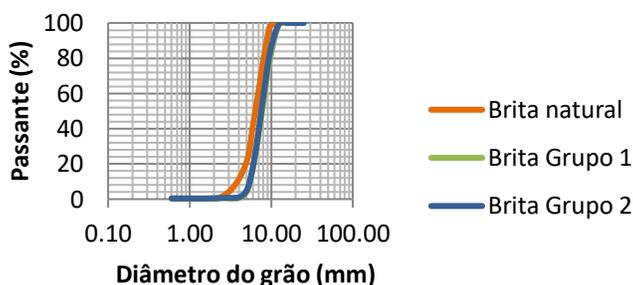
É importante destacar que a granulometria da brita reciclada foi levemente mais grossa comparada à brita natural. O diâmetro máximo dos três tipos de agregados graúdos analisados foi de 9,5 mm.

De acordo com a ABNT NBR 7211 (2009), a brita natural utilizada possui granulometria adequada para concretos; em contrapartida, as britas recicladas mostraram pequena discrepância dos valores limites estabelecidos, porém, não a ponto de comprometer a qualidade dos concretos (Tabela 2).

Tabela 2 – Dados do ensaio de composição granulométrica e limites inferior e superior estabelecidos pela norma ABNT NBR 7211 (2009).

Malha da peneira (mm)	Porcentagem, em massa, passante acumulada				
	Limite inferior	Limite superior	Brita natural	Brita Grupo 1	Brita Grupo 2
12,5	100	95	100	99,63	99,60
9,5	98	85	97,0	76,95	81,43
6,3	60	35	48,45	23,63	24,56
4,75	20	0	18,41	2,76	3,37
2,36	5	0	0,95	0,5	0,67

Figura 4 – Curvas granulométricas dos agregados graúdos.



Fonte: Autores (2022).

A Tabela 3 mostra as massas específicas real e unitária dos agregados graúdos. De acordo com os resultados, houve redução da massa específica real dos agregados reciclados em torno de 12% em relação ao agregado natural. Esse valor está de acordo com os encontrados na literatura, sendo a principal responsável por esta redução a argamassa antiga aderida ao agregado.

Já a massa unitária teve redução de cerca de 20% para os dois grupos de resistência. Esse fato pode ser explicado pelo formato mais anguloso dos agregados reciclados, que ao serem colocados num recipiente produzem um maior número de vazios, reduzindo o valor de massa por unidade de volume.

Tabela 3 – Resultados dos ensaios de massa específica real e unitária dos agregados graúdos.

Agregado	Massa específica real (g/cm³)	Massa unitária (g/cm³)
Brita natural	2,81	1,45
Brita Grupo 1	2,47	1,18
Brita Grupo 2	2,50	1,15

Fonte: Autores (2022).

As massas registradas durante o ensaio e a absorção de água dos agregados graúdos estão na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados do ensaio de absorção de água dos agregados graúdos.

<b>Agregado</b>	<b>Massa inicial (g)</b>	<b>Massa final (g)</b>	<b>Absorção (%)</b>
<b>Brita natural</b>	2391,74	2400,15	0,35
<b>Brita Grupo 1</b>	2331,04	2460,80	5,27
<b>Brita Grupo 2</b>	2349,13	2480,00	5,27

Fonte: Autores (2022).

Conforme se pode notar, a absorção de água para as duas britas recicladas foi igual e 15 vezes maior do que a absorção da brita natural. Apesar da diferença significativa, os valores encontrados são coerentes com os registrados na literatura. Mais uma vez, acredita-se que o aumento da absorção de água seja resultado da presença da argamassa antiga contida no agregado reciclado.

A Tabela 5 mostra as massas obtidas antes e após o desgaste superficial sofrido pelos agregados graúdos no ensaio de abrasão Los Angeles. Na última coluna encontra-se a porcentagem de perda por abrasão. Os resultados encontrados não apresentam diferenças significativas entre si.

Tabela 5 - Resultados do ensaio de abrasão Los Angeles dos agregados graúdos.

<b>Agregado</b>	<b>Massa inicial (g)</b>	<b>Massa final (g)</b>	<b>Perda por abrasão (%)</b>
<b>Brita natural</b>	5000	2447,20	51,0
<b>Brita Grupo 1</b>	5000	2292,85	54,0
<b>Brita Grupo 2</b>	5000	2379,17	52,5

Fonte: Autores (2022).

A Figura 5 mostra os agregados antes e depois do ataque químico. A Tabela 6 apresenta as massas obtidas durante a quantificação da argamassa residual aderida ao agregado.

Figura 5 – Agregados reciclados antes e depois do ataque químico: (a) agregados do Grupo 1 e (b) agregados do Grupo 2.



Fonte: Autores (2022).

Tabela 6 - Resultados do ensaio de ataque químico dos agregados graúdos reciclados.

Agregado	Massa antes do ataque (g)	Massa após o ataque (g)	Perda de massa (%)
Grupo 1	100	61,72	38,28
		66,13	33,87
		62,84	37,16
Média:			36,44
Grupo 2	100	55,20	44,80
		58,39	41,61
		59,14	40,86
Média:			42,42

Fonte: Autores (2022).

De acordo com a Tabela 6 nota-se a grande parcela de argamassa antiga que compõe os agregados reciclados. O Grupo 2, que representa o agregado proveniente de um concreto original de 45 a 50 MPa, apresentou 6,5% mais argamassa antiga do que o Grupo 1 (20 a 25 MPa).

### Caracterização do concreto no estado fresco

A Tabela 7 mostra os resultados dos ensaios nos concretos no estado fresco. Nota-se que, quanto maior o percentual de agregados reciclados, mais água foi utilizada no processo de pré-saturação e maior relação a/c total foi atingida, acarretando em concretos mais trabalháveis.

Tabela 7 – Resultados dos ensaios realizados nos concretos no estado fresco.

Dosagem	(%) Agregado reciclado	Relação a/c total	Slump test (cm)	Tempo VeBe (s)
1	100	0,623	6,3	4,49
2	100	0,626	6,5	4,29
3	50	0,593	4,5	6,14
4	50	0,595	4,7	6,02
5	30	0,581	3,6	6,72
6	30	0,580	3,7	6,58
7	0	0,560	3,3	6,51

Fonte: Autores (2022).

### Caracterização do concreto no estado endurecido

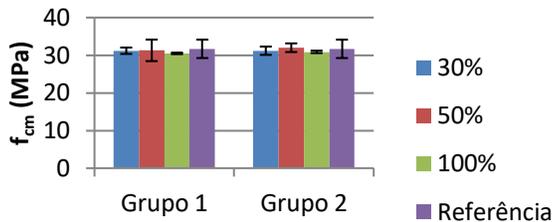
O resumo das propriedades mecânicas obtidas para os concretos avaliados é mostrado na Tabela 8. A resistência à compressão prevista na dosagem foi de 30 MPa e todos os concretos se aproximaram da resistência requerida. Os corpos de prova com maiores porcentagens de agregados reciclados tiveram uma compensação na quantidade de cimento utilizada, sendo 5% a mais para concretos com 100% de agregados reciclados, 3% para concretos com 50% e 2% para as dosagens contendo 30%. Deste modo, foi possível atingir resistências à compressão semelhantes. As Figuras 6 e 7 mostram as médias das resistências à compressão, comparando-se os grupos de resistência do concreto original e as taxas de agregados reciclados empregadas. O mesmo é feito nas Figuras 8 e 9 para a resistência à tração indireta e 10 e 11 para a tração na flexão.

Tabela 8 – Resultados dos ensaios realizados nos concretos no estado endurecido.

Dosagens	$f_{cm}$ (MPa)	$f_{ct,sp}$ (MPa)	$f_{ct,f}$ (MPa)
1	30,5	2,37	2,55
2	30,9	2,48	2,65
3	31,3	2,74	2,90
4	32,0	2,78	3,09
5	31,7	2,81	2,94
6	31,2	2,52	2,76
7	31,8	3,26	3,67

Fonte: Autores (2022).

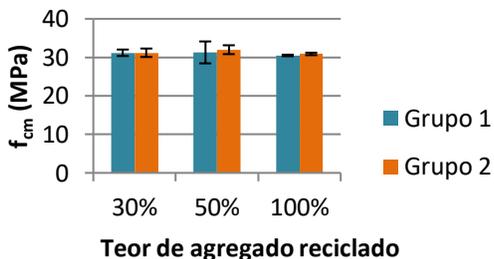
Figura 6 - Resultados de resistência à compressão comparando-se as porcentagens de agregados reciclados.



### Grupo de resistência do concreto original

Fonte: Autores (2022).

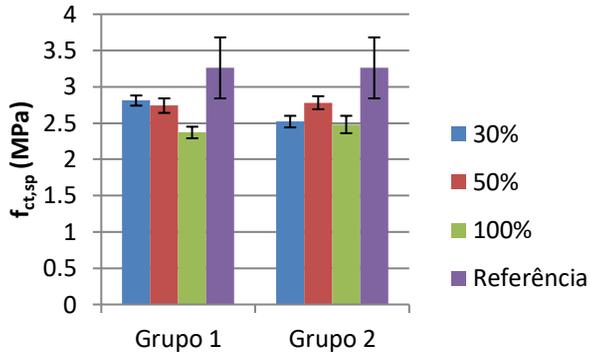
Figura 7 - Resultados de resistência à compressão comparando-se os grupos de resistências do concreto original.



Fonte: Autores (2022).

Para a avaliação da resistência à compressão, o estudo estatístico realizado para análise das médias foi o Teste de Duncan que classificou as resistências estatisticamente iguais entre si para um nível de significância de 5%. Desse modo, concluiu-se que utilizando pequenas alterações no método de dosagem foi possível atingir resistências à compressão comparáveis entre concretos com agregados reciclados e o concreto de referência.

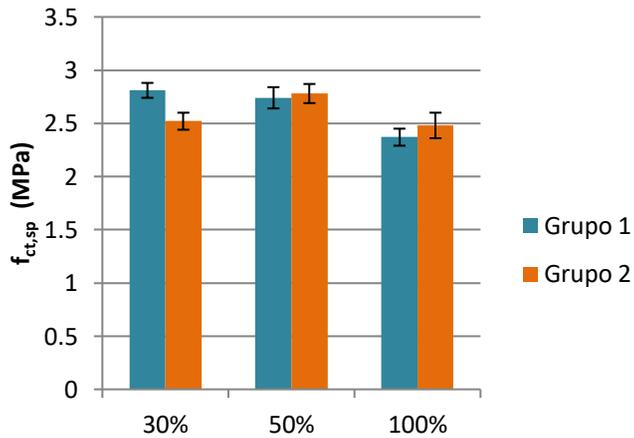
Figura 8 - Resultados de resistência à tração indireta comparando-se as porcentagens de agregados reciclados.



**Grupo de resistência do concreto original**

Fonte: Autores (2022).

Figura 9 - Resultados de resistência à tração indireta comparando-se os grupos de resistências do concreto original.

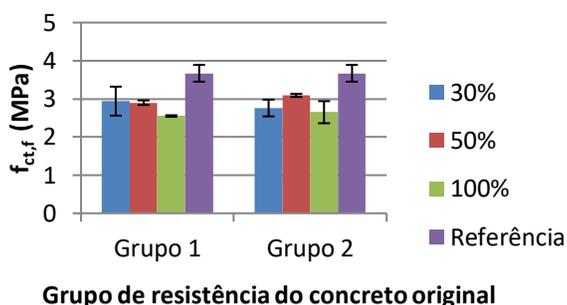


**Teor de agregado reciclado**

Fonte: Autores (2022).

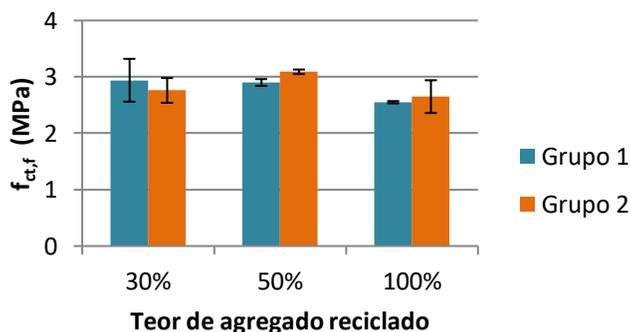
Para a resistência à tração indireta, o estudo estatístico feito pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de significância mostrou que as médias da resistência de todos os concretos produzidos com agregados reciclados são estatisticamente iguais entre si. Porém, a resistência atingida pelo concreto de referência é superior em termos estatísticos e, portanto, difere das demais. Com isso, é possível concluir que a resistência à tração é mais influenciada pela presença do agregado reciclado do que a resistência à compressão. O fato de que essa propriedade está diretamente relacionada com a zona de transição interfacial (ZTI) justifica a influência do agregado reciclado neste parâmetro. Isto porque o concreto com agregados reciclados possui duas ZTIs, sendo, portanto, esta propriedade mais suscetível a alterações.

Figura 10 - Resultados de resistência à tração na flexão comparando-se as porcentagens de agregados reciclados.



Fonte: Autores (2022).

Figura 11 - Resultados de resistência à tração na flexão comparando-se os grupos de resistências do concreto original.



Fonte: Autores (2022).

Da mesma forma que ocorreu com a resistência à tração indireta, a avaliação da resistência à tração na flexão mostrou que os concretos com agregados reciclados obtiveram médias iguais entre si, sendo inferiores ao valor registrado para o concreto de referência. Neste caso, a média das resistências à tração na flexão dos concretos reciclados foi de 2,81 MPa, o que resultou numa redução média de 23% para esta propriedade.

## CONCLUSÕES

O presente trabalho teve por objetivo avaliar as propriedades mecânicas de concretos produzidos a partir de agregados graúdos provenientes de resíduos de concretos com diferentes resistências à compressão e diferentes taxas de substituição de agregados graúdos naturais por reciclados. A partir dos ensaios de caracterização dos agregados graúdos estudados e da avaliação das propriedades dos concretos no estado fresco e endurecido as seguintes conclusões podem ser listadas:

1 – A massa específica real e unitária dos agregados reciclados foram reduzidas em cerca de 12% e 20% respectivamente, em comparação com os agregados graúdos naturais independentemente do grupo de resistência original, enquanto a absorção de água aumentou em 15 vezes para ambos os grupos. Para os ensaios de composição granulométrica e abrasão Los Angeles os resultados não apresentaram alterações significativas.

2 - A quantidade de argamassa residual aderida ao grão representa cerca de 40% da massa dos agregados graúdos reciclados desta pesquisa e esta é a principal responsável pelas alterações nas propriedades físicas dos agregados reciclados em comparação aos naturais.

3 – A maior quantidade de água usada no processo de pré-saturação elevou a relação a/c dos concretos com maiores teores de agregados reciclados e, conseqüentemente, estes apresentaram maior trabalhabilidade.

4 – O incremento na quantidade de cimento e o processo de pré-saturação foram suficientes para produzir concretos com resistências à compressão semelhantes independentemente do teor de agregados reciclados empregados.

5 – As resistências à tração indireta e tração na flexão dos concretos com agregados graúdos reciclados foram reduzidas em cerca de 20% em comparação com o concreto convencional. Esta redução não mostrou ser dependente da resistência original e do teor de agregados naturais substituídos por reciclados.

6 – No geral, os resultados mostraram que a resistência original dos agregados reciclados não influenciou de significativa nas propriedades mecânicas dos concretos com agregados reciclados desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio De Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: **Concreto - Ensaios de Compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio De Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: **Agregados para concreto – Especificação**. Rio De Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222: **Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**. Rio De Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12142: **Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos**. Rio De Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 27: **Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório**. Rio De Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: **Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio De Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 51: **Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Angeles"**. Rio De Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53: **Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio De Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio De Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: **Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio De Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116: **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.** Rio De Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697: **Cimento Portland – Requisitos.** Rio De Janeiro, 2018.

BAZUCO, R. S. Utilização de agregados reciclados de concreto para a produção de novos concretos. **Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.** Florianópolis.1999.

BRITISH STANDARD (BS) 1881: Part 4:1993. **Method for determination of Vebe time.**

XIAO, J.; XIE, H. e YANG, Z. Shear transfer across a crack in recycled aggregate concrete. **Cement and Concrete Research.** February – 2012. pp. 700-709.

**Tainara Oliveira da Silva**

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo.

**Jaqueline Steffler Leobett**

Graduanda do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo.

**Mônica Parreira**

Graduanda do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo.

**Alcione Aparecida de Almeida Alves**

Doutora em Engenharia Ambiental e Sanitária  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo.

**Aline Raquel Muller Tones**

Doutora em Engenharia Química  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo.

## RESUMO

O acréscimo da geração de resíduos sólidos aliado ao crescimento populacional e a sua má gestão vem causando a degradação do meio ambiente e consequências à saúde da população. Com essa preocupação foi implantado no Brasil a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, instituída pela Lei Nº12.305/2010, que estabelece instrumentos para seu amplo atendimento, denominados planos de gestão de resíduos, dentre os quais, a nível municipal destacam-se os planos de gestão de resíduos sólidos intermunicipais. Deste modo, o presente estudo teve por objetivo analisar o trabalho realizado pelo Consórcio Intermunicipal de Cooperação em Gestão Pública (CONIGEPU) relativo ao gerenciamento dos resíduos sólidos, na região Norte do Rio Grande do Sul. A metodologia utilizada consiste em uma pesquisa de caráter exploratória e descritiva, com caráter qualitativo e quantitativo para análise dos dados referentes ao gerenciamento e volume de resíduos destinados ao consórcio, além da determinação do Índice de Qualidade de Resíduos (IQR) verificando a situação do aterro sanitário. No tocante ao gerenciamento de resíduos, o CONIGEPU recebeu aproximadamente 11.489,92 toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) em 2020, obtendo uma média mensal de 957,49 toneladas, deste total 11,08% foram recicladas e 88,92% dispostas no aterro sanitário. A partir da análise dos dados em relação ao CONIGEPU, obteve-se no total 2,94% correspondente a reciclagem do vidro, plástico 3,78%, metais 1,33% e papel 3,03%, com um valor percentual de 11,08% de resíduos recicláveis no ano de 2020. Embora existam melhorias e adequações necessárias a se fazer, os resultados deste estudo ressaltaram que o gerenciamento dos RSU

realizados através do consórcio mostra-se viável aos municípios como solução aos RSU que vem tendo acréscimo nos últimos anos, servindo de referência aos municípios interessados na implantação de consórcios intermunicipais.

**Palavras-chave:** Consórcios Públicos. Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. Reciclagem.

## **INTRODUÇÃO**

Uma das maiores problemáticas da atualidade, que traz grandes desafios e inquietações, está relacionada com o acréscimo da geração dos resíduos sólidos e a sua má gestão, causando degradação do meio ambiente e variadas consequências à saúde da população (LISBOA, 2017).

Diante do aumento exponencial de geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e da necessidade de gerenciá-los de forma ambientalmente adequada, ao longo de mais de duas décadas, tanto a sociedade civil brasileira como empresas privadas e administrações públicas discutiram sobre a realidade da gestão de resíduos efetivando a implantação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Nº12.305 de 02 de agosto de 2010 (MENDES; NECK, 2017).

A referida legislação contribui para reparar a lacuna legislativa existente, destacando a relevância da gestão dos resíduos sólidos e contribuindo para o avanço da gestão ambiental como um todo (MAROTTI; PEREIRA; PUGLIESI, 2017).

A PNRS estabelece alguns instrumentos para o seu amplo atendimento, dentre os quais estão listados no Art. 14, os planos de resíduos sólidos, que deverão ser elaborados pelas três esferas do governo: federal, estadual e municipal, bem como pelos geradores de resíduos, sendo estas pessoas físicas ou jurídicas de direito público ou privado, listado nas alíneas do inciso I do Art. 1 (BRASIL, 2010).

Os consórcios intermunicipais passaram a serem vistos como uma opção aos municípios que buscam meios para a disposição final, assim como a redução dos custos, otimizando recursos e tratamento dos resíduos, atendendo um número maior de municípios e viabilizando a gestão dos RSU para todos (FERREIRA; JUCA, 2017).

Deste modo, o presente estudo tem por objetivo analisar o gerenciamento dos resíduos sólidos realizado pelo Consórcio Intermunicipal de Cooperação em Gestão Pública – CONIGEPU respectivo ao gerenciamento dos resíduos sólidos na região norte do Rio Grande do Sul.

## **METODOLOGIA**

Para realização deste estudo de caso, a pesquisa foi exploratória para possibilitar uma visão geral do consórcio e torná-lo mais explícito e descritivo para realização de descrições precisas sobre situações existentes,

permitindo a descoberta de relações existentes entre os elementos que o compõem (GIL, 2002).

Para análise do aterro sanitário, além de análise descritiva qualitativa, uma abordagem quantitativa também foi utilizada, com uso de técnica de amostragem. Deste modo, foi realizada observação como meio para descrever com segurança e veracidade a atuação do consórcio. No presente trabalho, o objeto a ser analisado e descrito é o CONIGEPU.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E POPULAÇÃO DA AMOSTRA

O CONIGEPU localiza-se em Trindade do Sul, região norte do estado do Rio Grande do Sul, às margens da estrada de acesso à Colônia Nova, conta com uma área de abrangência de 2.856,857 km<sup>2</sup>. Fazem parte do CONIGEPU, 12 municípios: Alpestre, Constantina, Engenho Velho, Entre Rios do Sul, Gramados dos Loureiros, Nonoai, Novo Xingu, Rio dos Índios, Ronda Alta, Sarandi, Três Palmeiras e Trindade do Sul. O CONIGEPU atende a uma população total de 83.199 habitantes conforme previsão do IBGE do ano de 2020 divididas entre os doze municípios integrantes.

## COLETA DE DADOS E PERÍODO DA ANÁLISE

No que tange à coleta dos dados, a mesma foi realizada por meio dos seguintes instrumentos: (i) pesquisa bibliográfica; (ii) análise documental; (iii) análise de relatórios internos; (iv) análise dos projetos de construção da estação de tratamento de esgoto (ETE), aterro sanitário, lagoas de tratamento de lixiviados e central de triagem; (v) observação direta (in loco); (vi) observação participativa, realizada em conjunto com representantes legais e administradores da atual gestão, e (vii) registros fotográficos para comprovar as informações descritas, quando houver necessidade.

Consideraram-se as etapas do gerenciamento realizadas pelo CONIGEPU a partir do recebimento dos resíduos dos doze municípios integrantes do consórcio. Salienta-se que cada município é responsável pelo gerenciamento dentro do seu limite geográfico, que compreende as etapas de acondicionamento, coleta convencional e seletiva (quando houver) e transporte dos RSU até a sede do consórcio. Considerou-se ainda, que os municípios apresentam um índice de cobertura de 80%, com relação a coleta dos RSU.

## ANÁLISE DE DADOS

Para avaliar as instalações do aterro sanitário em operação no CONIGEPU, além da pesquisa exploratória foi aplicado o check list (CETESB, 2020), para coleta de informações. As informações aterro foram então processadas por meio da aplicação de um questionário padronizado subdividido quanto às características locais, estruturais e operacionais e são expressas por meio de pontuações, que variam de 0 a 10. São índices,

portanto, que levam em consideração a situação encontrada em inspeção técnica e que permite efetuar um balanço confiável das condições ambientais, diminuindo eventuais distorções devido à subjetividade nas 46 análises dos dados, além de possibilitar a comparação com outros aterros sanitários.

Os dados são expressos por meio do índice da qualidade de aterros de resíduos (IQR) que será feito de acordo com a metodologia da CETESB (2020).

## RESULTADOS

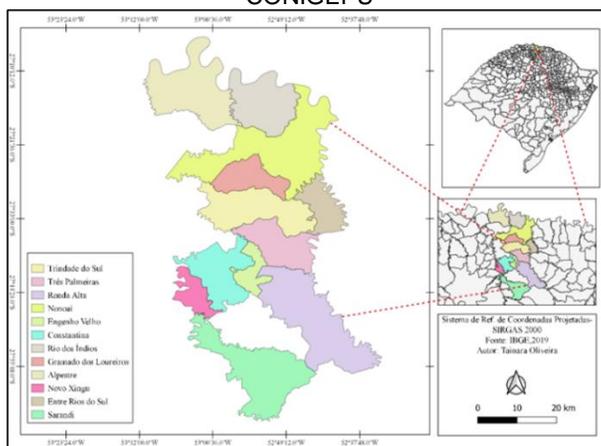
Nesse tópico foi analisado e descrito o gerenciamento dos resíduos sólidos realizado na região norte do estado do Rio Grande do Sul por meio do CONIGEPU.

### CARACTERIZAÇÃO DO CONIGEPU

O CONIGEPU foi fundado em 19 de novembro de 1997, registrado sob o CNPJ Nº 02.412.033/0001-74, sendo constituído sob forma de associação pública com personalidade jurídica de direito público e sem fins lucrativos, atendendo as leis, como a Lei dos Consórcios Nº 11.107 de 06 de abril de 2005, o consórcio encontra-se devidamente licenciado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) através da Licença de Operação (LO) Nº 07427/2019.

Fazem parte do CONIGEPU, 12 municípios: Alpestre, Constantina, Engenho Velho, Entre Rios do Sul, Gramados dos Loureiros, Nonoai, Novo Xingú, Rio dos Índios, Ronda Alta, Sarandi, Três Palmeiras e Trindade do Sul, conforme observa-se na Figura 01.

Figura 01: Municípios da região norte do Rio Grande do Sul que participam do CONIGEPU



Em sua sede localiza-se a zona de recebimento, triagem, compostagem, venda e o aterro sanitário em relação aos RSU referentes aos doze municípios consorciados. A sede possui um prédio destinado à área administrativa, banheiros e refeitório, possui prédio destinado à usina de triagem com 2.462,00 m<sup>2</sup>.

O CONIGEPU foi criado a partir da necessidade de gerenciamento adequado dos resíduos, identificada pelo prefeito de Trindade do Sul em 1996 no que tange à destinação dos RSU. Assim, reuniu-se com prefeitos de municípios vizinhos propondo a formação de um consórcio intermunicipal voltado para a gestão de resíduos, uma vez que na época os mesmos destinavam os RSU para empresas privadas ou para lixões.

Embora o acordo tenha sido assinado no ano de 1997, a operação do CONIGEPU iniciou no ano de 2006, com novos municípios consorciados, mais tarde houve a integração do município de Sarandi e em 2014 de Entre Rios. Até o ano de 2012 o consórcio constava com o nome de Consórcio Intermunicipal de Triagem e Compostagem de Lixo (CONILIXO), porém no mesmo ano houve a mudança de nome passando a se denominar CONIGEPU tornando-se assim uma empresa pública, sem fins lucrativos visando a gestão de resíduos sólidos.

## CARACTERIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS CONSORCIADOS

A maioria dos municípios consorciados é de pequeno porte, exceto Sarandi que possui mais de 20.000 habitantes. Os mesmos possuem uma infraestrutura urbana simplificada, possuindo asfaltamento, calçadas, abastecimento de água, luz e alguns possuem rede de esgoto pluvial e residencial. Em relação ao recolhimento do RSU é realizado na grande maioria por veículos do próprio município, em outros casos o serviço é terceirizado (CONIGEPU, 2020). Constatou-se ainda que apenas três municípios não possuem coleta seletiva (SNIS, 2019).

No que tange ao saneamento básico dos municípios consorciados com a inserção dos municípios no CONIGEPU, vários começaram a investir no saneamento, pela importância, mas também por necessidade de adequação para atendimento à legislação ambiental, assim como a LO N<sup>o</sup> 07427/2017 do consórcio. Contudo, muitos municípios possuem atendimento parcial relacionados ao saneamento, precisando ser finalizado, ou até mesmo inserido. Verificou-se que apenas dois municípios possuem total abrangência no abastecimento de água.

## SERVIÇOS PRESTADOS PELO CONIGEPU

O CONIGEPU atende os municípios com serviços de recebimento dos RSU, realizando a pesagem logo na chegada a sede do consórcio para fins de controle, triagem dos RSU, com a finalidade de poder realizar a venda do material reciclável e destinar ao aterro apenas os rejeitos. Além de possuir espaço para compostagem e destinação final ambiental adequada através de

um aterro sanitário.

Na Tabela 01, estão elencadas as quantidades de resíduos oriundos dos municípios consorciados nos 12 meses do ano de 2020.

Tabela 01 - Contribuição de RSU dos municípios consorciados

Município	<sup>1</sup> População (nº.hab.)	<sup>2</sup> Contribuição de RSU em 2020 (kg)
Alpestre	6.067	390.620
Constantina	9.907	1.158.690
Engenho Velho	982	110.920
Entre Rios do Sul	2.758	330.560
Gramado do Loureiros	2.058	188.780
Nonoai	11.633	1.980.330
Novo Xingu	1.712	101.390
Rio dos Índios	2.660	130.840
Ronda Alta	10.617	1.259.980
Sarandi	24.763	4.486.121
Três Palmeiras	4.251	470.990
Trindade do Sul	5.791	880.701
Total	83.199	11.489.922

Fonte: <sup>1</sup>IBGE, 2020; <sup>2</sup>CONIGEPU, 2020.

Notas: (nº) número; (hab.) habitantes.

Conforme se observa na Tabela 01, a contribuição de RSU em 2020 se refere ao quantitativo total de resíduos, considerando resíduos orgânicos e recicláveis, uma vez que apesar dos municípios consorciados implantarem dias de coleta seca e úmida, a mesma não é eficiente, e os resíduos que chegam ao aterro, representam uma mistura heterogênea.

Conforme informações obtidas na análise de dados a respeito da geração de resíduos domésticos em cada município, com os valores anuais de pesagem da coleta dos resíduos considerando uma cobertura de 80%, uma vez que a maioria dos municípios não tem total abrangência na coleta, realizou-se o cálculo da geração anual per capita de resíduos sólidos.

Assim, no tocante à geração per capita anual dos resíduos sólidos dos municípios houve variação de 64,4 kg/hab.ano a 181,2 kg/hab.ano, com desvio padrão de  $\pm 41,9$ . O CONIGEPU com dados dos doze municípios obteve um valor referente à geração per capita de 138,065 kg/hab. ano e 0,378 kg/hab.dia. Avaliando os valores da geração per capita dos doze municípios em relação aos dados nacionais, onde a geração per capita de resíduos nacional possui um valor de 379 kg/hab.ano, os valores para os doze municípios ficaram abaixo do valor nacional.

Com relação geração per capita dia, realizou-se os cálculos para o município de Sarandi, sendo esse o mais populoso e para Engenho Velho o menos populoso. Os valores obtidos foram 0,496 kg/hab. dia para o município de Sarandi e 0,309 kg/hab. dia referente ao município de Engenho Velho. Realizando um comparativo com o valor nacional e estadual, os valores dos municípios integrantes do CONIGEPU ficam abaixo. Entre as demais regiões, a região sul fica com menor valor em a geração de RSU per capita, que é de 0,759 kg/hab. dia, enquanto a média nacional é de 1,039 kg/hab. dia (ABRELPE, 2019).

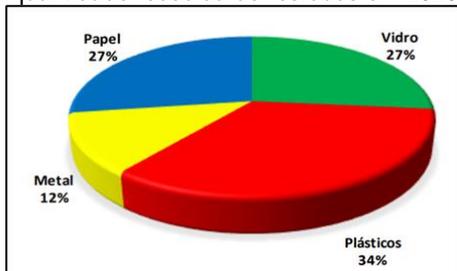
### Central de triagem dos resíduos sólidos

O CONIGEPU recebeu aproximadamente 11.489,92 toneladas de RSU no ano de 2020, obtendo uma média de 957,49 toneladas mensalmente. Neste cenário, deste total 11,08% foram reciclados e 88,92% disposto no aterro sanitário. Antes da desativação da compostagem, cerca de 32% eram destinados a composteira, gerando um composto orgânico, posteriormente doado aos municípios consorciados para seu aproveitamento.

Quanto aos resíduos reciclados, através das notas dos produtos vendidos mês a mês, conseguiu-se obter a quantidade de cada material comercializado para reciclagem referente aos meses do ano de 2020. Dessa forma, conclui-se que 1.273,48 toneladas de material reciclado foram vendidas pelo CONIGEPU no ano de 2020.

Na Figura 02, está apresentada a porcentagem de cada material comercializado.

Figura 02: Percentual de resíduos reciclados no CONIGEPU em relação à quantidade recebida de resíduos em 2020



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

Conforme observado na Figura 02 o maior percentual comercializado está relacionado ao plástico, onde se enquadram sacolas plásticas, baldes, bacias, PVC, rafia, garrafas PET com 34% das vendas realizadas. O metal apesar de ter sido valorizado no ano de 2020 encontra-se em menor percentual, 12%, sendo composto por sucatas de ferro e alumínio. Todavia, ao observar o processo realizado na usina de triagem, foi verificado que inúmeros materiais recicláveis mesmo após a triagem vão para o aterro sanitário, em que do total de 11.489,92 toneladas de resíduos recebidos pelo CONIGEPU em 2020, apenas cerca de 1.273,483 toneladas foram recicladas.

Uma das atividades que contribuem para que uma grande quantidade dos resíduos seja encaminhada diretamente para o aterro sanitário é a falta de coleta seletiva nos municípios consorciados. Alguns municípios trazem seus resíduos compactados, impedindo assim de serem selecionados no centro de triagem, sendo encaminhados diretamente ao aterro sanitário, ficando em desacordo com a LO Nº 07427/2019 e com a Lei Nº 14.528/2014, que incentiva a reciclagem dos materiais. Nem todos os municípios consorciados possuem coleta seletiva, outros, no entanto, como o município de Sarandi possui a lei da coleta seletiva, a Lei Municipal Nº 4.619, de 02 de agosto de 2017.

Além do mais, ressalta-se que o principal motivo para a desativação da composteira foi o grande número de resíduos inorgânicos presentes no resíduo orgânico, principalmente sacolas plásticas. Outro fator importante é a desinformação sobre quais materiais são recicláveis, orgânicos e quais se tornam rejeitos.

## **Aterro sanitário**

A operação do aterro sanitário do CONIGEPU inclui principalmente as seguintes etapas: disposição dos resíduos, espalhamento e compactação. O aterro sanitário entrou em operação em abril de 2015 e foi projetado com as dimensões de 100 x 55 x 16 m, possuindo uma área superficial total de 5.500,00 m<sup>2</sup> e um volume total útil de 156.600 m<sup>3</sup>, com uma vida útil de 12 anos.

Ao longo dos últimos anos houve o aumento de resíduos e rejeitos no CONIGEPU decorrentes não só pelo aumento dos RSU nos municípios, mas como uma das consequências da desativação da composteira. Adicionalmente, a pandemia Covid-19, infere a necessidade de evitar a contaminação dos funcionários e com isso houve a diminuição dos mesmos na central de triagem dos resíduos recicláveis. Essa diminuição contribuiu para uma menor capacidade de triagem nas esteiras, resultando em um maior quantitativo de material não classificado e disposto no aterro sanitário, bem como o acúmulo gerado na entrada das esteiras levando a necessidade da disposição direta dos RSU no aterro sem passar pela triagem.

Para além disso, verificou-se a não realização da compactação e recobrimento dos resíduos, acarretando assim em consequências como mau

cheiro, impacto visual e proliferação de vetores, como também, diminuição da vida útil do aterro. Na Fotografia 01 é possível verificar a disposição dos resíduos do CONIGEPU.

Fotografia 01: Disposição dos resíduos no aterro sanitário do CONIGEPU



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

Embora se tenha realizado melhorias a fim de prolongar a vida útil, como aumento dos taludes e a volta do recobrimento e compactação, isso não ocorre diariamente, pois o consórcio não possui maquinário próprio, contratando maquinário terceirizado.

Assim, com a diminuição da vida útil levou a necessidade da construção de um novo aterro sanitário, na qual está na fase de obtenção das licenças e com prazo para entrar em operação antes de o atual aterro alcançar o limite. A nova célula, que está sendo projetada com 7.000,00 m<sup>2</sup>, possui estimativa de até 2 anos para finalização das obras e início da operação. Ademais há a necessidade da aquisição de novos maquinários e equipamentos destinados a facilitar a operacionalização do processo de destinação final dos resíduos sólidos, tais como: uma escavadeira hidráulica, um caminhão e um caminhão basculante.

### **Índice da qualidade de aterros de resíduos (IQR)**

Para identificar as condições adequadas de instalação e operação foi aplicado o IQR proposto pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), que é um questionário no qual se avaliam três fatores: Ordem sanitária, Ordem ambiental e Ordem Operacional. A partir dos resultados o IQR classifica as condições de disposição em: Adequada, Controlada ou Inadequada.

Constatou-se por meio da aplicação do IQR, na qual obteve-se um valor de 4,7 que o aterro sanitário foi classificado com condições inadequadas (I), principalmente por evidenciar a falta de recobrimento ao final da jornada de trabalho, tratamento de chorume insuficiente, monitoramento de águas insuficiente, presença de vetores (gaivotas, moscas, urubus, ratos) e atendimento parcial das especificações do projeto.

Além dos fatores citados acima sobre a obtenção de um índice inadequado, a piora das condições ambientais do aterro sanitário no ano de 2020, pode ser atribuída a pandemia da Covid-19, desviando o foco dos municípios em relação a gestão de RSU, bem como o fato de ser ano de eleições municipais na qual a administrador da época precisou ser afastado por motivo de concorrer a cargo público, sem que houvesse a substituição do mesmo. Adicionalmente, a necessidade de diminuir os funcionários na triagem, para diminuir os riscos de transmissão do vírus também contribuiu, apesar das medidas alguns precisaram ser afastados por ter contraído o vírus. Situações semelhantes são relatadas pelo inventário da CETESB de 2020.

Anteriormente um estudo realizado por Anúnciação (2015), obteve um valor de IQR 6,4 para o aterro do CONIGEPU, resultado que determinou e classificou o mesmo como inadequado, o autor atribuiu pontos negativos que levaram ao valor, sendo os já citados anteriormente, além de outros como a drenagem de águas pluviais insuficientes e acesso deficitário à frente de trabalho. Através do diagnóstico realizado foi possível o levantamento de ações corretivas, nos principais pontos críticos do aterro para a melhoria dos mesmos.

## **Lagoas de lixiviado**

A fim de coletar e tratar o lixiviado gerado pela decomposição dos rejeitos no aterro sanitário, a fim de evitar a contaminação do subsolo e lençol freático por infiltração no aterro sanitário do CONIGEPU o sistema de drenagem de lixiviado foi projetado por valas na forma de espinha de peixe preenchidas com brita. Levado o lixiviado até a ETE por tubos de PVC com 100 mm de diâmetro, com uma declividade de 1,25% em direção à estação de tratamento.

O sistema de tratamento de efluentes líquidos (percolados, chorume ou lixiviado), em funcionamento possui um tanque de equalização, um filtro biológico que possui pedra brita comercial número 4 (38 a 76 mm) e areia, um medidor de vazão (calha parshall), um sistema wetland, uma lagoa de maturação que possui inclinação dos taludes de 3H:1V.

O projeto especifica o tratamento por processo fotossintético misto, que consiste em um tratamento terciário nas lagoas de lixiviado, através de lagoa de maturação pós-tratamento, que além da remoção de patógenos pela incidência de radiação ultravioleta (UV) proveniente da luz solar, terá espécies de plantas macrófitas, com utilização específica de aguapés *Eichornia Crassipes*, característico em sistemas de wetlands, que após utilização pode produzir biomassa e ser utilizada como fertilizante. Após passar pelas etapas descritas anteriormente, o efluente final é recirculado através de uma bomba hidráulica submersível para a célula em operação do antigo aterro controlado que contém duas lagoas de tratamento maiores.

Acerca desse panorama, a LO N° 07427/2019 emitida em 2019 assegura o prazo máximo de 02 (dois) anos. A partir da publicação desta

licença a FEPAM não admitirá mais a técnica de recirculação, levando o consórcio necessitar realizar adequações ou implementar um sistema de tratamento de efluente, com isso o consórcio já analisa a possibilidade da implantação de uma ETE por eletrocoagulação/Eletro-oxidação, um dos obstáculos para a implantação é o alto custo para tal fim, necessitando de recursos federais

Constatou-se que a ineficiência do atual tratamento ao analisar os resultados das amostras do efluente e água nos piezômetros, alguns parâmetros não estão de acordo com a Resolução CONSEMA Nº 355/2017 e Resolução CONAMA Nº 430/2011 que altera a CONAMA Nº 357/2005, conforme elencado na Tabela 02.

Tabela 02 - Alguns dados de parâmetros do relatório anual de 2020 dos efluentes

Parâmetros	Unidade	Valores obtidos	VMP CONAMA Nº 430/2011 e CONSEMA Nº 355/2017
Coliformes termotolerantes ( <i>E. coli</i> )	NMP/100 ml	9,2x10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>
Coliformes totais	NMP/100 ml	7,9x10 <sup>1</sup>	1,8
DBO5	mgO <sub>2</sub> /L	878	120
DQO	mgO <sub>2</sub> /L	7.663	330
Sólidos suspensos totais	mg/L	210	140
Nitrogênio amoniacal	mg/L	2.693	20
Fósforo total	mg/L	26,7	4

Fonte: adaptado de CONIGEP, 2020.

Nota: (VMP) valor máximo permissível; (DBO) demanda bioquímica de oxigênio; (DQO) demanda química de oxigênio; (CONAMA) conselho nacional do meio ambiente; (CONSEMA) Conselho Estadual do Meio Ambiente.

A alteração de parâmetros como DBO5, DQO, Coliforme Totais, Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio amoniacal, Fósforo Total e Sólido Suspensos Total é indicativa de que pode estar ocorrendo percolação do lixiviado no solo atingindo os lençóis subterrâneos, sendo um indicio para a possibilidade de ineficiência ETE do aterro. Estes resultados reforçam a necessidade de investimentos para manutenção adequada ou modificação da ETE ou ainda a necessidade de construção de uma nova ETE.

Nas Fotografias 02 e 03 é possível observar as lagoas do aterro controlado e a lagoa de Weatlands com macrófitas mortas.

Fotografia 02: Lagoas do aterro controlado utilizadas para recirculação



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

Fotografia 03: Lagoa de Wetlands com macrófitas mortas



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

Ainda em relação a eficiência da ETE que pode justificar o mal funcionamento, salienta-se a mortandade das macrófitas, que pode ser atribuída a falta de manutenção ou matéria orgânica presente no lixiviado.

## OPERACIONALIZAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO CONSÓRCIO CONIGEPU

Nos itens a seguir estão apresentados de forma detalhada como se dá a operacionalização do CONIGEPU.

### **Aspectos organizacionais e financeiros**

Quanto a organização administrativa do consórcio, o Conselho de Prefeitos é o órgão deliberativo, constituído pelos prefeitos dos municípios

consorciados, presidido por um deles, eleito pelos demais para um mandato de 2 anos; o Conselho Fiscal é o órgão de fiscalização, constituído por membros dos municípios participantes; e a Secretaria Executiva é o órgão executivo encarregado do apoio técnico e administrativo, constituído por membros nomeados pelo Presidente.

Até o ano de 2020 o município de Trindade do Sul era o responsável, tendo como presidente o prefeito Odair Adílio Pelicioli e o administrador do consórcio Valdemir Luiz Zorzi, sendo o mesmo afastado no mês de março de 2020 por motivos pessoais, ficando até o final de 2020 sem administrador. Atualmente ocupa o cargo de presidente o prefeito de Três Palmeiras Claumir César de Oliveira e o administrador Geovane Spanner, tendo assumido o cargo em janeiro de 2021 e desde então realizando inúmeras melhorias que foram encontradas na análise do ano de 2020.

De acordo com o Contrato de Rateio do Consórcio, para o ano de 2020, as despesas mensais foram em média R\$ 235.745,90. Deste total são descontadas as receitas de venda de recicláveis, em média R\$ 50.503,13. O restante, cerca de R\$ 185.242,77 é rateado proporcionalmente entre os municípios, sendo 50% por peso (resíduo destinado por município) e 50% por participação fixa.

## **Programas Ambientais existentes**

Visando melhorias na gestão de resíduos, alguns programas ambientais são realizados, como incentivo a Coleta seletiva, visitações das escolas, palestras nas escolas, instalação das composteiras nas escolas, porém devido a pandemia do Covid-19 no ano de 2020, as atividades presenciais nas escolas, palestras a população em geral não foram realizadas. Com as aulas retornando aos poucos nas escolas, palestras como no dia do meio ambiente em 2021 foram realizadas pelas responsáveis técnicas do CONIGEPU visando a educação ambiental.

## **Ausência do plano de gerenciamento**

A complexidade de um plano próprio e a não obrigatoriedade do órgão ambiental, foram fatores cruciais na decisão da criação ou não de um Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) do consórcio, uma vez que os municípios consorciados seguem seus planos e na ausência do mesmo seguem o plano diretor, lei orgânica entre outras voltadas ao saneamento.

Com a implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) ou PGIRS no CONIGEPU facilitaria na tomada de decisões em relação a problemáticas do mesmo, contribuiria como modelo para outros consórcios que atualmente não possuem plano, bem como as características atuais do mesmo. Informações como as características dos resíduos recebidos pelo consórcio e quantidade enriquecem a tomada de decisões e objetivam a eficiência da empresa ao gerir os RSU.

## CONCLUSÃO

Através do presente estudo constatou-se o avanço nos últimos anos relacionados a problemática do RSU, com a maioria dos lixões no estado do Rio Grande do Sul já estando desativados. Na busca pelo atendimento à Lei N°12.305/2010, os municípios buscam alternativas para o gerenciamento dos resíduos com disposição final adequados sendo os consórcios públicos uma das formas encontradas para.

Com base na análise do Consórcio Intermunicipal de Cooperação em Gestão Pública (CONIGEPU) verificou-se a viabilidade de implantação dos consórcios intermunicipais voltados à gestão dos RSU. Na busca pelo atendimento a PNRS e embasados pela lei dos consórcios Lei nº 11.107 mostrou-se uma solução viável para a problemática dos municípios em relação aos RSU, principalmente para municípios de pequeno porte, resolvendo as questões econômicas, ambientais e de saúde pública. Como principais vantagens advindas da implantação do CONIGEPU, ressalta-se a otimização do uso de áreas para a disposição final de RSU; a oportunidade de ganhos pelo aumento de escala; a redução de custos operacionais; a minimização dos riscos e impactos ambientais; destacando-se principalmente a disposição final adequada dos doze municípios.

Contudo, algumas não conformidades também foram identificadas considerando a licença de operação do aterro sanitário. Apesar dos dados encontrados em que até o ano de 2020 todos os municípios participantes do consórcio teriam coleta seletiva implantada, na pesquisa in loco, registros fotográficos e dados em relação a porcentagem de materiais reciclados pelo consórcio, nota-se a falta da eficiência voltada à coleta seletiva como sendo uma das problemáticas encontradas. Dos 11.486.992 kg de resíduos recebidos no consórcio referente ao ano de 2020, apenas 1.273.483 kg foram reciclados, o que representa menos da metade.

Com isso, quase 90% dos resíduos recebidos estão sendo enviados diretamente ao aterro, diminuindo significativamente a vida útil do mesmo e necessitando a implantação de outro aterro sanitário na sede do consórcio. Da mesma forma constatou-se a necessidade da coleta seletiva eficiente, educação e conscientização ambiental da população para a retomada das atividades na unidade de compostagem, que poderia contribuir significativamente para a minimização da quantidade de resíduos orgânicos destinados ao aterro, tornando-o destinado somente aos rejeitos.

Outra situação analisada se deu pela ineficiência da atual ETE do aterro sanitário que apresenta problemas pontuais que devem ser corrigidos e adequados, ocorrendo contaminações na água e no solo entorno das instalações, confirmadas pela análise da água coletada nos 80 piezômetros e de efluente na saída da ETE, que indicou que os parâmetros de coliformes termotolerantes (E. coli), Coliformes Totais, DBO5, DQO, Sólidos Suspensos Totais Nitrogênio Amoniacal e Fósforo Total estão em desacordo com as Resoluções CONAMA N° 430/2011 e CONSEMA N°355/2017, não havendo

conformidade com a legislação e com a LO N° 07427/2019. No entanto, vale ressaltar o alto custo de uma instalação de uma ETE, mostrando os problemas econômicos na qual os municípios de pequeno porte enfrentam, necessitando de recursos federais para a adequação.

A fim de evidenciar os problemas relacionados ao aterro sanitário, calculou-se o IQR a partir da metodologia utilizada pela CETESB e obteve-se o valor de 4,7 sendo classificado como inadequado. Tal resultado ressalta a importância e a necessidade de adequações evitando a contaminação ambiental. Como principais motivos para tal valor de IQR, ressalta-se a: a falta de recobrimento ao final da jornada de trabalho, tratamento de chorume e monitoramento de águas insuficiente, presença de vetores (gaivotas, moscas, urubus, ratos) e atendimento parcial das especificações do projeto.

Adicionalmente, a pandemia da Covid-19 que resultou em demandas em outras áreas, mudando o foco das prefeituras. Sugere-se a necessidade de complementações e análises técnicas por profissionais da área em termos práticos, complementares a análise realizada para fins de pesquisa.

Em virtude da necessidade da instalação de um novo aterro sanitário, já se analisa a possibilidade da implantação de uma ETE que seja utilizada para os três aterros: 1 aterro controlado e 2 aterros sanitários, visto que problemas relacionados à operação do aterro (ineficácia dos sistemas de drenagem superficiais e de chorume, lagoas de tratamento e falta de cobertura diária) pode levar a revogação da LO N° 07427/2019. Sendo evidente a necessária a adequação para que tais atividades não sejam suspensas, o que afetaria em grande escala a gestão dos resíduos dos municípios consorciados, que atualmente destinam RSU ao CONIGEPU.

Por tanto, embora melhorias e adequações sejam necessárias de serem realizadas, os resultados deste estudo ressaltam que o gerenciamento e gestão dos RSU realizados através do consórcio mostra-se viável aos municípios como solução aos resíduos sólidos urbanos que vem tendo acréscimo nos últimos anos, servido de referência aos municípios interessados na implantação de consórcios intermunicipais.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – 2019**. São Paulo: ABRELPE, 2019. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 9 abr. 2021.

ANUNCIAÇÃO, Etieli Roza da. **Elaboração de um sistema de gestão ambiental: estudo de caso do aterro sanitário de Trindade do Sul (RS)**. 2015. 19 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2015. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/1383/1/ANUNCIA%c3%87%c3%83O.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2021.

BRASIL (Estado). Estado do Rio Grande do Sul Assembleia Legislativa Gabinete de Consultoria Legislativa nº 14.528, de 16 de abril de 2014. **Institui A Política Estadual de Resíduos Sólidos e Dá Outras Providências**. Rio Grande do Sul, 17 abr. 2014.

BRASIL (Estado). **Resolução nº 355, de 19 de julho de 2017**. Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

BRASIL. **Lei nº 11.107, de 06 de abril de 2005**. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Diário Oficial União República do Brasil Brasília, DF 6 abr. de 2005.

BRASIL. **Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial [da] República do Brasil. Brasília, DF 2 ago. de 2020.

BRASIL. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.. Resolução Conama Nº 430 de 13/05/2011. Brasília, DF.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2020**. 2020. Secretaria de infraestrutura e meio ambiente do estado de São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/residuossolidos/wpcontent/uploads/sites/26/2021/07/Inventario-Estadual-de-Residuos-Solidos-Urbanos2020.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2021.

CONIGEPU – Consórcio Intermunicipal de Cooperação em Gestão Pública. **Relatório anual**. 2020.

FEPAM. Licença de Operação (LO) Nº 07427/2019. Acesso em: 26 ago. 2021.

FERREIRA, Cynthia Fantoni Alves; JUCÁ, José Fernando Thomé. **Metodologia para avaliação dos consórcios de resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, [S.L.], v. 22, n. 3, p. 513-521, maio 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017147551>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/vZgjCDJfyLhfvZtSBgnsSbL/?lang=pt>. Acesso em: 04 maio 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas,

2002. Acesso em: 25 ago. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Conheça cidades e estados do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 25 ago. 2021.

LISBOA, Roberta. **Manejo dos resíduos sólidos em Ituiutaba-MG: perspectivas e soluções**. 2017. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/21201/3/ManejoResiduosSolidos.pdf>. Acesso em: 01 maio 2021.

MAROTTI, Ana Cristina Bagatini; PEREIRA, Gisele Sant´ana Fiorini; PUGLIESI, Erica. **Questões contemporâneas na gestão pública de resíduos sólidos: análise dos princípios da política nacional de resíduos sólidos a partir de seus objetivos e instrumentos**. Revista de Políticas Públicas, São Luís, v. 21, n. 1, p. 339-364, 26 jul. 2017. Universidade Federal do Maranhão. <http://dx.doi.org/10.18764/2178-2865.v21n1p339-364>. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321152454017>. Acesso em: 20 abr. 2021.

MENDES, Josiete da Silva; BECK, Ceres Grehs. **Desafios das administrações municipais na implementação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos: o caso do Curimataú Paraibano**. Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, [S.l.], n. 37, p. 42-52, dez. 2017. ISSN 2447-9187. DOI:<http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n37p42-52>. Disponível em: . Acesso em: 07 ago. 2021.

SARANDI. **Lei Ordinária nº 4.619, de 2 de agosto de 2017**. Dispõe sobre o Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos no Município de Sarandi. Sarandi, RS.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020. Disponível em: [http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico\\_SNIS\\_AE\\_2019\\_Republicacao\\_31032021.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico_SNIS_AE_2019_Republicacao_31032021.pdf). Acesso em: 30 ago. 2021

**Valber Domingos Pinheiro**

Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF  
Campos dos Goytacazes

**Jonas Alexandre**

Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF  
Campos dos Goytacazes

**Juliana Corrêa Trindade**

Instituto Federal do Espírito Santo – IFES  
Nova Venécia

**Thuany Espírito Santo de Lima**

Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF  
Campos dos Goytacazes

## RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo comparar e avaliar prismas grauteados com dois diferentes concretos direcionados ao preenchimento dos blocos utilizados na alvenaria estrutural. Para análise da resistência foram construídos prismas de duas fiadas, contendo em sua formação o mesmo tipo de bloco e argamassa, alternando apenas o graute de seu preenchimento. Os grautes utilizados foram do tipo convencional e leve. Para análise também foram confeccionados prismas não grauteados utilizados como referência. As dosagens utilizadas para os grautes de preenchimento foram confeccionadas de modo convencionalmente utilizado nos canteiros de obra, com cimento, areia, cal e brita e outro com a adição de um aditivo incorporador de ar e argila expandida. Para análise os três modelos de prismas confeccionados foram submetidos a ensaios de resistência à compressão instrumentados nas direções necessárias para aferir os deslocamentos. Os resultados mostram um aumento significativo na resistência dos prismas grauteados em relação ao sem preenchimento, contudo foram registrados diferentes modos de ruptura nos modelos estudados. Após as análises foi possível aferir que a deslocabilidade dos prismas é distinta, com comportamentos diferentes em cada direção.

**Palavras-chave:** prisma, grauteamento, resistência à compressão, deslocabilidade, alvenaria estrutural.

## INTRODUÇÃO

A busca do setor da construção civil por novas tecnologias e métodos construtivos que possibilitem uma baixa considerável no preço final de uma obra e incentivem um novo alavancamento desse setor é notória nas últimas

décadas. Uma das alternativas do setor para alcançar sucesso nesta empreitada é a procura por materiais de preço ponderável, fácil aplicabilidade e mão de obra eficaz.

Dentre os diversos sistemas construtivos empregados na construção civil a alvenaria é considerada uma das principais, mais utilizadas e mais antigas formas de construção. Desde a Antiguidade é observada a utilização dessas estruturas com funcionalidade autoportante e de vedação como estruturação de construções. Por determinado tempo sua utilização foi reduzida em função do surgimento das estruturas metálicas de aço e de concreto armado e em virtude de suas limitações, como comportamento à tração e limitações arquitetônicas.

A concepção desses elementos era baseada no conhecimento empírico e intuitivo, fabricados de forma artesanal com grandes dimensões e pouca tecnologia. Habitações, templos e catedrais são os tipos de construções mais observados nesse período. Posteriormente, a utilização desse tipo de sistema construtivo teve maior progresso devido ao processo de evolução das alvenarias, que foram deixando de ser pesadas, espessas e rígidas como na antiguidade, vindo a ser mais delgadas, com processos de produção tecnológicos e industrializados (OLIVEIRA E HANAI, 1998).

A alvenaria estrutural é um sistema que utiliza paredes construídas com blocos, sendo eles de cerâmica ou de concreto, como autoportantes, estruturais e não apenas como elementos de vedação. É feita por meio da superposição dos blocos unidos com uma camada fina de argamassa para junção desse componente, sendo assim, um método consideravelmente eficiente por sua rapidez, já que não apresenta vigas ou pilares.

Entretanto, as novas aplicações na alvenaria estrutural ainda não imprimem significativa abrangência no mercado, visto que seu desenvolvimento, tanto de normas, modelos matemáticos e análise do comportamento das unidades, não acompanharam o ritmo de materiais como concreto e aço, em que sua aplicação, estudo e usabilidade são maiores. Dessa forma, uma compreensão mais racional sobre o comportamento estrutural deste material se faz necessária para que seu uso e difusão no mercado ocorra de forma mais abrangente, viável e segura.

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo a análise das alterações no comportamento mecânico de prismas de alvenaria estrutural construídos com blocos de concreto vazados grauteadas com concreto leve e com concreto convencional. Os espécimes foram avaliados em termos de resistência à compressão, modo de ruptura e deslocabilidade.

## **MATERIAIS E PROGRAMA EXPERIMENTAL**

Para atingir os resultados a pesquisa foi dividida em etapas. Foram feitas as caracterizações dos materiais bem como a dos blocos e argamassa de assentamento utilizada na união dos blocos. Os blocos utilizados na pesquisa foram de concreto, vazados e do tipo inteiro. Suas respectivas dimensões, comprimento x espessura x altura, são, respectivamente, 14 cm

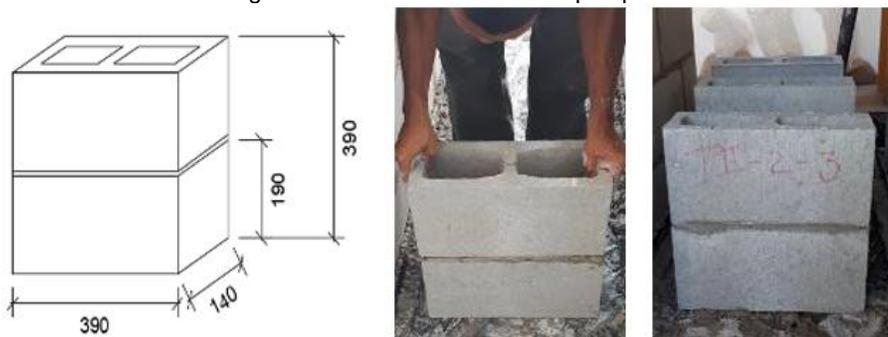
x 19 cm x 39 cm. As características de dimensões reais do bloco, absorção de água, teor de umidade e resistência à compressão foram determinados, em consonância a ABNT NBR 12118 (2013) e ABNT NBR NM 23 (2000). Os ensaios de resistência à compressão dos blocos utilizados foram realizados uma prensa hidráulica MTS com capacidade de 500 kN em cada atuador.

Na produção da argamassa foi utilizado cimento Portland CII E-40, cal hidratada CH-III e areia natural de rio. A argamassa foi dosada conforme o traço em massa de 1:0,5:4,5 (cimento: cal: areia). O preparo da argamassa foi realizado em equipamento aquequado e posteriormente ao seu preparo foi determinado o índice de consistência da argamassa, de acordo com ABNT NBR 11579 (2012), mantendo o espalhamento da argamassa na faixa de  $(260 \pm 10)$  mm. Para caracterização mecânica da argamassa foram moldados seis corpos de prova de  $(40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} \times 160 \text{ mm})$ . A cura dos corpos de prova para execução dos ensaios de resistência à flexão e à compressão foi de 28 dias realizados conforme prescreve a ABNT NBR 7215 (1996).

Também foram confeccionados os grautes do tipo convencional, contendo cimento, areia, cal e brita e o concreto de preenchimento do tipo leve, com os elementos cimento, cal, areia, argila expandida e incorporador de ar em sua composição.

O comportamento da alvenaria estrutural foi avaliado através de ensaios de resistência a compressão em prismas, constituídos de blocos inteiros de concreto de duas fiadas confeccionados de acordo com TMS MSJC (2013). Foram confeccionados 3 prismas para cada modelo, sendo 3 prismas sem graute, 3 com graute convencional e 3 com graute leve. As etapas de produção dos prismas estão mostradas na Figura 1. A espessura da junta de argamassa foi de  $(10 \pm 3)$  mm. Todos os prismas foram mantidos imóveis até a idade de 28 dias, protegidos do sol e do vento.

Figura 1 – Prismas utilizados na pesquisa.

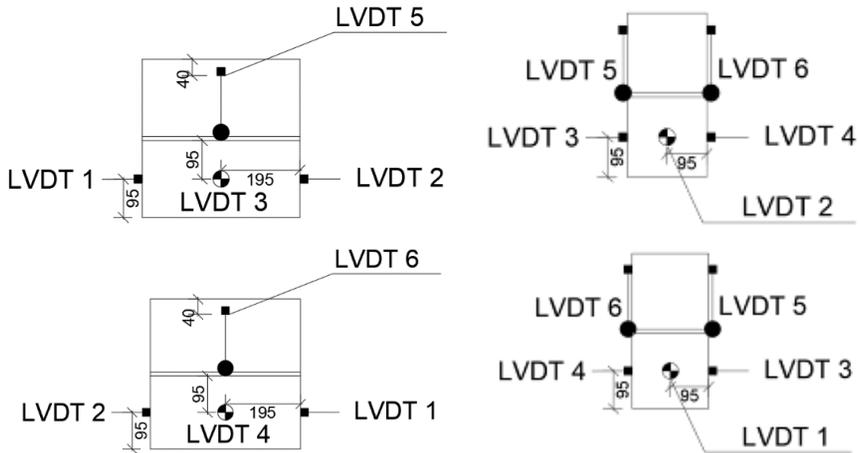


Fonte: Autores (2022).

As resistências à compressão dos prismas foram determinadas após 28 dias de cura. A carga de compressão foi aplicada a uma taxa de 0,1 MPa/s. Foram utilizados seis transdutores lineares para aferir o deslocamento com 50 mm de capacidade nominal, fixados ao prisma para medição do deslocamento, nas direções vertical, lateral e perpendicular (horizontal) ao

plano do prisma (Figuras 2 e 3). Os deslocamentos e a carga aplicada foram obtidos a uma taxa de 2 Hz através do dispositivo de aquisição de dados Metrolog SIAD. A Figura 4 mostra a execução do ensaio de resistência à compressão dos prismas, com o posicionamento e nivelamento dos espécimes, a aplicação da carga e o modo de ruptura.

Figura 2 – Esquema de instrumentação dos prismas.



Fonte: Autores (2022).

Figura 3 – Prismas instrumentados.



Fonte: Autores (2022).

Figura 4 - Ensaio em Prismas.



Fonte: Autores (2022).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos nos ensaios dos blocos de concreto. A resistência à compressão característica dos blocos foi calculada e todos os blocos apresentaram as dimensões adequadas para utilização, sendo a largura de  $140 \pm 1,0$  mm, altura de  $190 \pm 1,0$  mm e comprimento de  $390 \pm 1,0$  mm, atendendo as recomendações da ANBT NBR 6136 (2016). As espessuras das paredes transversal e longitudinal dos blocos foram de 25 mm e 26 mm, respectivamente, enquanto a relação entre a área líquida e a área bruta ( $\alpha$ ) foi de 0,55. Nos ensaios também foram aferidas as especificações de absorção sendo menor que 8%, e de umidade ( $25 \pm 15$  %), de acordo com o predeterminado.

Tabela 1 - Propriedades dos blocos de concreto.

Bloco	Absorção (%)	Umidade (%)	$f_{bk}^a$ (MPa)	$f_{bk}^b$ (MPa)
14 x 19 x 39	6,3	12,3	6,01	12,77

$f_{bk}^a$  considerando área bruta.

$f_{bk}^b$  considerando área líquida.

Fonte: Autores (2022).

As características referentes a argamassa utilizada na confecção dos prismas estão listadas na Tabela 2, utilizado o mesmo traço e a mesma relação água/cimento para todas as séries de prismas, na tabela são apresentados os resultados de consistência, densidade, resistência à tração

e à compressão, módulo de elasticidade e sua classificação de acordo com ASTM C109M (2016), ANBT NBR 9290 (1996) e ASTM C1506 (2017).

Tabela 2 - Propriedades da argamassa.

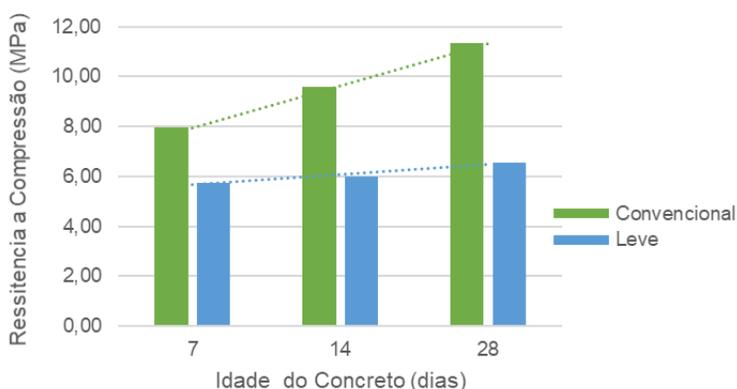
Ensaio	Resultados	Desvio Padrão	CV* (%)
Consistência	260±10 mm	-	-
Densidade no estado fresco	2006 kg/m <sup>3</sup>	-	-
Retenção de água	97%	-	-
Resistência à tração na flexão	2,6 MPa	0,27 MPa	16,53
Resistência à compressão	7,23 MPa	0,44 MPa	3,85
Módulo de elasticidade	6324,69	-	-
Classificação	P5 R3 D5 U5	-	-

\*Coeficiente de variação

Fonte: Autores (2022).

Na Figura 5 são apresentadas as resistências à compressão dos concretos utilizados no grauteamento dos modelos que detêm preenchimento entre-séptos bem como a comparação do desenvolvimento ao longo das idades.

Figura 5 – Resistência à compressão dos grautes.



Fonte: Autores (2022).

Na Tabela 3 são apresentadas as resistências de cada um dos prismas bem como as resistências médias de cada um dos modelos

juntamente a seu desvio padrão e coeficiente de variância. Nela pode-se aferir o ganho de resistência no elemento de estudo, prisma, quando é colocado preenchimento, no caso grauteado. O modelo preenchido com concreto convencional apresenta maiores resistências em relações aos demais e aumenta a resistência, em comparação ao sem graute vertical, em mais de 30%.

Tabela 3 - Resistência a compressão dos prismas

Padrão	Resistência à compressão (MPa)			Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	CV* (%)
	1	2	3			
Sem GRAUTE (PSG)	2,9 3	3,01	2,6 9	2,87	0,14	0,05
GRAUTE convencional (PGC)	5,9 1	5,09	5,0 7	5,36	0,39	0,07
GRAUTE leve (PGL)	4,6 3	4,38	4,9 8	4,66	0,25	0,05

\*Coeficiente de variação

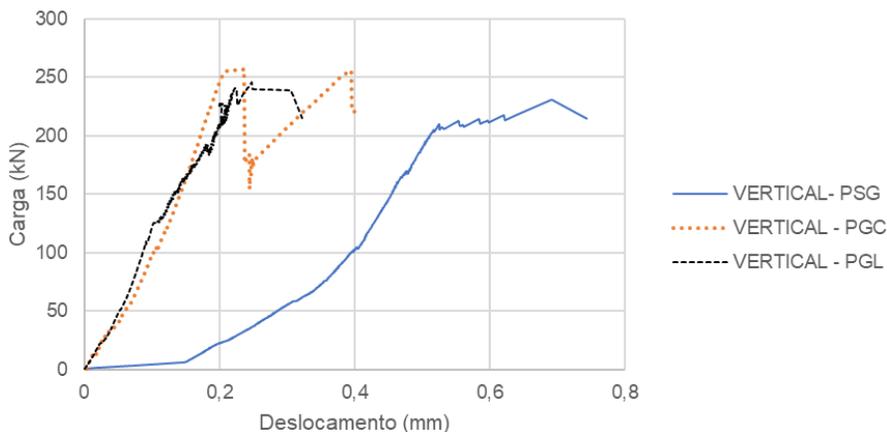
Fonte: Autores (2022).

Através das curvas carga *versus* deslocamento das séries de prismas, Figuras 6, 7 e 8, nas direções vertical, horizontal e lateral, respectivamente, pode-se perceber além da diferença de carga, a diferença de deslocamento em cada modelo. Na Figura 6 são dispostos os deslocamentos em relação a carga suportada pelos modelos de prismas. Fica claro na análise que o modelo de prismas não grauteado (PSG) apresenta maior deslocamento nessa direção bem como menor carga máxima se comparado aos demais tipos. No gráfico também é evidenciado a perda e o posterior ganho de resistência do modelo grauteado com concreto convencional. Isso se dá pela ruptura particionada do elemento, onde rompe-se a argamassa, o bloco e por último o concreto de preenchimento. Os prismas grauteados com concreto leve (PGL) obtiveram resistências medianas comparado aos outros dois modelos e o menor deslocamento.

Na direção horizontal, sendo o modelo PGC o que obteve maior carga de ruptura, a deslocabilidade do modelo com graute convencional é a maior. Sua ruptura ocorre e posteriormente há um decréscimo na carga visto o esmagamento do elemento. Nesta direção o comportamento dos modelos PSG e PGL são semelhantes, com deslocamento similar para diferentes estágios de carregamento.

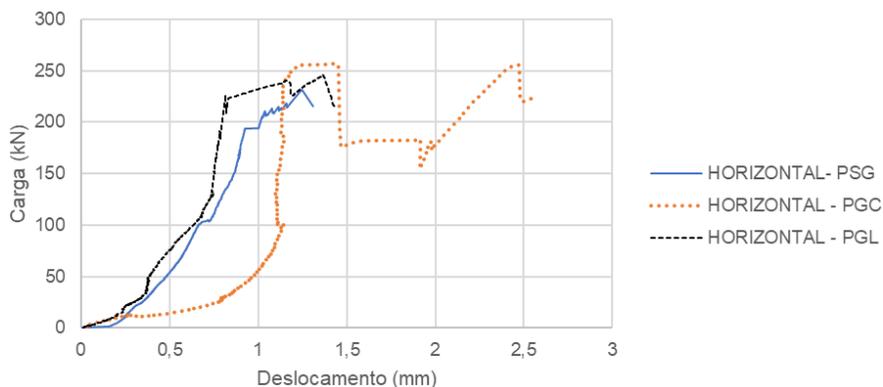
Observando a Figura 8 percebe-se que, também nesta direção, o modelo PGC apresenta maior deslocamento em relação aos demais, isso se justifica pela sua carga de ruptura elevada. Na análise apresentada pelo gráfico nesta direção é possível concluir que os deslocamentos do modelo PGL são os menores obtidos.

Figura 6 – Deslocamentos na direção vertical.



Fonte: Autores (2022).

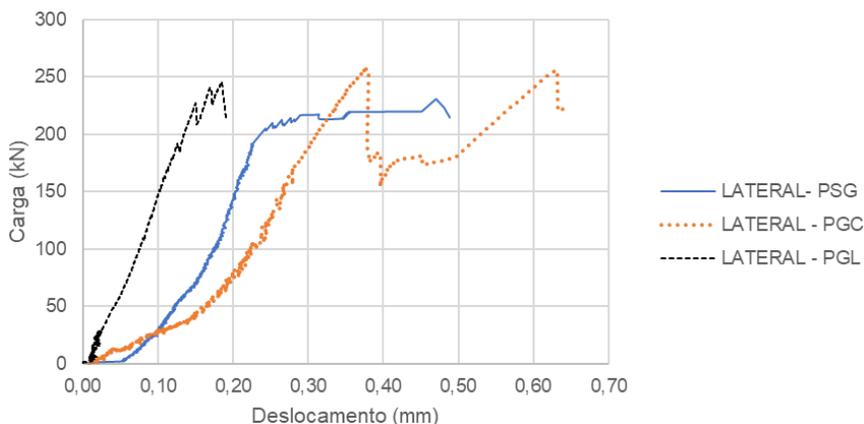
Figura 7 – Deslocamentos na direção horizontal.



Fonte: Autores (2022).

O modo de ruptura da alvenaria normalmente é atribuído a dois motivos, tração no bloco ou esmagamento da argamassa. Os mecanismos de ruptura apresentados por Cheema e Klingner (1986) são mais detalhados em relação a ruptura desses elementos. Os modos de ruptura que podem ser apresentados são fendilhamento lateral do bloco, esmagamento da argamassa, esmagamento do bloco, fendilhamento da argamassa, esmagamento do graute, fendilhamento lateral do bloco: ruptura por tração no bloco, fissuração dos septos transversais: ruptura por flexão dos septos e combinação das rupturas anteriores: que é a ruptura mais comum apresentada.

Figura 8 – Deslocamentos na direção lateral.



Fonte: Autores (2022).

Khalaf (1996) e Mohamad *et al.* (2007) analisaram o modo de ruptura em prismas de blocos de concreto não grauteados e encontraram separação entre todas as faces da unidade de alvenaria. A argamassa tende a se expandir lateralmente mais do que o bloco quando o prisma é submetido à carga compressiva axial. Em função da aderência na interface bloco/argamassa as tensões laterais diferenciais são impedidas e paralisadas entre os componentes, causando apenas as tensões laterais de tração nos blocos e tensões laterais de compressão na junta de argamassa.

Em geral a argamassa é mais deformável do que os blocos, o modo de ruptura dos prismas sob compressão é caracterizado por esmagamento localizado da argamassa (SANTOS *et. al.*, 2017). Nas Figuras 9,10 e 11, são apresentadas as diferenças na ruptura dos modelos de prismas sem graute, com graute de concreto convencional e leve, respectivamente.

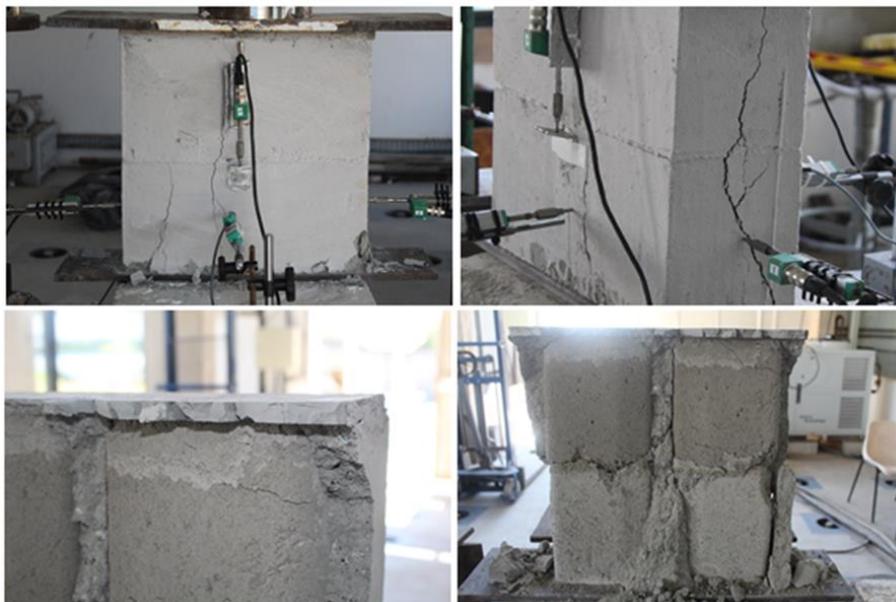
Como visto nas Figura 9 os prismas não grauteados apresentaram ruptura por separação transversal do bloco devido às tensões laterais de tração no bloco, perceptível pelas fissuras apresentadas nas laterais do bloco, entretanto também apresentaram fissura vertical paralela ao carregamento na face frontal e ruptura da argamassa, rompendo assim juntamente o bloco. Santos *et. al.* (2017) e Martins *et. al.* (2018) obtiveram um modo de ruptura similar em seus ensaios.

Figura 9 – Modo de ruptura dos prismas sem grauteamento.



Fonte: Autores (2022).

Figura 10 – Modo de ruptura dos prismas com graute de concreto convencional.



Fonte: Autores (2022).

Figura 11 – Modo de ruptura dos prismas com graute de concreto leve.



Fonte: Autores (2022).

Nas Figuras 10 e 11 verifica-se, respectivamente, o modo de ruptura dos prismas grauteados com concreto leve e convencional. Nesse caso a ruptura dos prismas aconteceu de modos bem distintos. O prisma preenchido com concreto convencional teve o deslocamento do bloco e do graute, separando assim os componentes. Neste caso a ruptura ocorrida foi nos blocos de concreto, permanecendo por fim apenas o concreto. No prisma leve, a estrutura se rompe por completo, havendo assim esmagamento do bloco e do graute após fendilhamentos e trincas.

Izquierdo (2015) evidenciou que quando a utilização do graute é feita quanto maior sua resistência característica maior é a aderência do bloco com concreto quando se trata de alvenaria estrutural armada. Já Martins *et al.* (2018) destacou que a utilização do graute de maneira vertical é diretamente ligada com a resistência do prisma. Quanto maior a resistência à compressão dos grautes de preenchimento maior a resistência do prisma, evidenciado também pelo presente trabalho.

De acordo com Izquierdo (2015), o graute com maior resistência tende a apresentar maior aderência do conjunto bloco/concreto. Isso não ocorre no presente trabalho e esse comportamento justifica-se pela diferença de resistência de cada um dos elementos. Sendo o graute muito mais resistente que o bloco o sistema não trabalha de maneira monolítica e rompe-se em partes.

Nos prismas grauteados com concreto leve, todos seus componentes têm resistências próximas e o comportamento observado indica maior interação e unicidade nos elementos. Ao analisar as curvas apresentadas,

percebe-se que os comportamentos dos modelos não se distinguem apenas em relação as cargas máximas de cada modelo, sendo os deslocamentos e os modelos de ruptura também diferentes em todos os casos.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho pôde ser observado que o tipo de grauteamento utilizado no preenchimento vertical da alvenaria estrutural influencia diretamente não apenas na resistência a compressão, mas também em sua deformabilidade e modo de ruptura. Na ruptura dos prismas grauteados houve uma pequena diferença entre as resistências à compressão quando se comparado com os prismas sem preenchimento de concreto. No entanto, o modo de ruptura de cada um dos modelos mostrou consideráveis diferenças visto que os prismas sem graute apresentaram uma ruptura inicial apenas no bloco, onde as trincas evoluíram e romperam a argamassa de assentamento, causando assim a ruptura do espécime. Os deslocamentos aferidos nesse modelo foram os de maiores escalas. Nos prismas grauteados com concreto convencional a ruptura aconteceu com o inicial deslocamento do concreto do preenchimento com o bloco causando instabilidade para prosseguir o ensaio, levando assim a ruptura do elemento. Esse modelo apresentou maior resistência à compressão, porém seus deslocamentos foram intermediários. Nos prismas grauteados com concreto leve, a ruptura aconteceu de forma unitária, de uma só vez. O modelo inicialmente apresentou fissuras, rompendo assim o bloco e tendo por fim deslocamento do concreto de preenchimento com o bloco. Nesse deslocamento foi possível analisar que a ruptura desse modelo foi por esmagamento do bloco, argamassa e do graute. Os deslocamentos observados nesse modelo foram inferiores quando se comparado ao modelo convencional. Esse comportamento se justifica pois, todos os componentes desse modelo apresentam características semelhantes e suas resistências foram análogas.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM C109M: **Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars**, West Conshohocken, 2016.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM C1506: **Standard test method for water retention of hydraulic cement-based mortars and plasters**, West Conshohocken, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 11579: **Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75  $\mu\text{m}$** , Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 12118: **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio**, Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6136: **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos**, Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7215: **Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão**, Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 9290: **Cal hidratada para argamassas- Determinação de retenção de água**, Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR NM 23: **Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica**, 2000.

CHEEMA, T.S.; KLINGNER, R. E. **Compressive strength of concrete masonry prism**, Am. Concr. Inst. ACI J. 83, 1986.

IZQUIERDO, O. S. **Estudo da interface bloco/graute em elementos de alvenaria estrutural**. Tese de doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

KHALAF, F.M. **Factors influencing compressive strength of concrete masonry prism**, Mag. Concr. Res., 1996.

MARTINS, R.O.G.; NALON, G.H.; ALVARENGA, R.C.S.S.; PEDROTI, L.G.; RIBEIRO, J.C.L. **Influence of blocks and grout on compressive strength and stiffness of concrete masonry prisms**, Constr. Build. Mater. 182, 2018.

MASONRY STANDARD JOINT COMMITTEE'S, TMS MSJC – 2013: **Building Code Requirements and Specification for Masonry Structures**, 2013.

MOHAMAD, G.; LOURENÇO, P.B.; ROMAN, H.R. **Mechanics of hollow concrete block masonry prism under compression: Review and projects**, Cement and Concrete Composites, 2007.

OLIVEIRA, F. L., HANAI, J. B. **Recuperação de paredes de blocos de concreto com revestimentos resistentes**. Buenos Aires: AIE, 1998.

SANTOS, C.F.R.; ALVARENGA, R.C.S.S.; RIBEIRO, J.C.L.; CASTRO, L.O.; SILVA, R.M.; SANTOS, A.A.R.; NALON, G.H. **Numerical and experimental evaluation of masonry prisms by finite element method**, IBRACON Struct. Mater. J. 10 (2017).

ENGENHARIA NA PRÁTICA:  
CONSTRUÇÃO E INOVAÇÃO  
VOL.5

BRUNO MATOS DE FARIAS  
PEDRO PASCOAL SAVA

  
Editora

ISBN: 978-65-87809-61-8

