



21 A 23 DE NOVEMBRO DE 2025
XXX ENAPET

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS:
DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI

¹ Desempenho de Concretos com Poliestireno Expandido Degasado: Uma abordagem inovadora para Construção Sustentável

GUIMARÃES, G.V^{1*}; WIDMER, P²; MEDINA, L³; COSTA, T¹; MOMMAY, R⁵; GOMES, N¹; MONTOYA, H¹

Tutor: Costa, N¹

¹PET Engenharia Civil, Instituto Politécnico – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Campus Macaé, RJ, Brasil;

²FISA BTP – CESI École d'Ingénieurs, Aix-en-Provence, França;

³FISA BTP – CESI École d'Ingénieurs / Université Paris Nanterre, Île-de-France, França;

⁵Polytech Sorbonne, Paris, Île-de-France, França;

E-mail: gvmgmacae@gmail.com; paulemile.widmer@viacesi.fr; medinaluca13@gmail.com; taicostaufjr@gmail.com; robinmommay@gmail.com; necesiocosta@gmail.com; habib@macae.ufrj.br

RESUMO: O setor da construção civil enfrenta dois desafios ambientais críticos: o esgotamento de jazidas de areia natural e o acúmulo crescente de resíduos plásticos, especialmente o poliestireno expandido (EPS). Este estudo propõe o uso de EPS pós-consumo submetido a tratamento térmico de degasagem como substituição parcial da areia em concretos. O processo de degasagem a 140 °C por 10, 25 e 50 minutos alterou a estrutura e a densidade do EPS, tornando-o mais rígido e morfologicamente semelhante à areia. Misturas com 2,5 %, 5 % e 10 % de EPS degasado foram comparadas a um concreto de referência (25 MPa). O concreto com 5 % de EPS degasado por 25 min apresentou desempenho equivalente, e em alguns casos superior, ao concreto convencional, mantendo a densidade e a relação entre resistência à tração e compressão típicas de concretos usuais. A microscopia revelou boa aderência entre o EPS e a matriz cimentícia, comprovando uma zona de transição interfacial (ITZ) consolidada. Conclui-se que o EPS degasado é uma alternativa técnica e ambientalmente viável, que alia desempenho mecânico, redução do consumo de areia e reaproveitamento de resíduos plásticos, em consonância com os princípios de ESG e ODS 9, 11, 12, 13, 14 e 15.

Palavras-chave: Poliestireno expandido; Degasagem térmica; Substituição parcial da areia; Sustentabilidade; Economia circular; ODS; ESG.

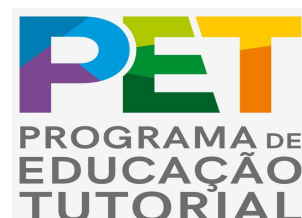
¹Área do conhecimento: Engenharias.

Ecosistema de inovação: Desenvolvimento Sustentável.

ODS relacionados: Indústria, Inovação e Infraestrutura (9), Cidades e Comunidades Sustentáveis (11), Consumo e Produção Responsáveis (12), Ação Contra a Mudança Global do Clima (13), Vida na Água (14), Vida Terrestre (15)



XXX ENCONTRO NACIONAL DOS GRUPOS PET
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UnB)
Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte
70910-900, Brasília - DF





Performance of Concretes with Degassed Expanded Polystyrene: An Innovative Approach to Sustainable Construction

ABSTRACT: The construction sector faces two critical environmental challenges: the depletion of natural sand reserves and the growing accumulation of plastic waste, particularly expanded polystyrene (EPS). This study proposes using post-consumer EPS subjected to thermal degassing treatment as a partial sand replacement in concrete. The degassing process at 140 °C for 10, 25, and 50 minutes modified EPS density and morphology, making it stiffer and more sand-like. Concrete mixes with 2.5 %, 5 %, and 10 % degassed EPS were compared with a 25 MPa reference mix. The 5 % EPS degassed for 25 min achieved mechanical performance comparable to or better than the reference concrete, maintaining density and the usual tensile-to-compressive strength ratio. Microscopic analysis revealed strong adhesion between EPS and the cement matrix, indicating a well-formed interfacial transition zone (ITZ). The results confirm that degassed EPS is a technically and environmentally viable alternative that combines mechanical performance with sustainable resource use, aligned with ESG principles and SDGs 9, 11, 12, 13, 14, and 15.

Keywords: Expanded Polystyrene; Thermal Degassing; Partial Sand Replacement; Sustainable Construction; Circular Economy; ESG; SDG.

Introdução

O setor da construção civil é responsável por um dos maiores consumos de recursos naturais e geração de resíduos sólidos em escala global. A extração de areia natural, essencial para a produção de concreto, causa impactos ambientais significativos, como assoreamento de rios, perda de biodiversidade e conflitos socioambientais. Paralelamente, o acúmulo de resíduos plásticos, especialmente o poliestireno de difícil reciclagem, que ocupa grandes volumes em aterros sanitários e apresenta decomposição extremamente lenta. Expandido (EPS), representa outro desafio: trata-se de um material de baixíssima densidade e



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS:
DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI

Nesse contexto, a incorporação de EPS pós-consumo em concretos surge como uma alternativa sustentável, capaz de reduzir simultaneamente o consumo de agregados naturais e o descarte de resíduos plásticos. Entretanto, o uso direto do EPS em seu estado bruto tende a comprometer as propriedades mecânicas do concreto, devido à fraca aderência entre as partículas poliméricas e a matriz cimentícia. Para superar esse problema, este estudo propõe o processo de degaseificação térmica como pré-tratamento, o qual modifica a estrutura do EPS, aumentando sua densidade e tornando-o mais semelhante à areia natural em morfologia e comportamento mecânico.

Assim, o trabalho visa aliar desempenho técnico e responsabilidade ambiental, contribuindo com soluções alinhadas aos princípios da economia circular e às metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial ODS 9, 11, 12, 13, 14 e 15.

Método

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Materiais de Construção do Instituto Politécnico da UFRJ – Macaé, utilizando bandejas alimentícias de EPS pós-consumo do restaurante universitário. Após lavagem e secagem, o material foi cortado em pedaços e triturado em partículas menores ($<1 \text{ cm}^2$).

O processo de degasagem térmica foi conduzido a aproximadamente $140 \text{ }^\circ\text{C}$ por 10, 25 e 50 minutos, gerando partículas mais densas e frágeis, Figura 1. Após o resfriamento, o material foi peneirado para garantir uniformidade granulométrica.

O cimento utilizado foi o CP III-32 RS, com menor emissão de CO_2 . O traço de referência foi 1 : 1,42 : 1,97 : 0,49 (cimento : areia : brita : água). O EPS degasado substituiu parcialmente a areia natural em 2,5 %, 5 % e 10 %. As composições estão apresentadas nas Tabelas 1,2 e 3.

Foram realizados os seguintes ensaios: abatimento (NBR 12655:2015), resistência à compressão (NBR 5739:2018), tração indireta (NBR 7222:2011), massa específica (NBR



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS:
DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI

13315:2022) e análise microscópica da ITZ. Os corpos de prova foram curados em água (23 ± 2 °C) por 28 dias e rompidos em prensa hidráulica.

Por fim, uma análise estatística descritiva (desvio padrão e coeficiente de variação) foi aplicada para avaliar a confiabilidade dos resultados.

Resultados e Discussão

O processo de degasagem térmica promoveu aumento significativo da densidade do EPS, conforme evidenciado na Figura 2, que mostra a evolução da densidade em função da energia térmica aplicada. Esse aumento reduz a porosidade e confere ao EPS características mais próximas às do agregado natural.

Nos ensaios de trabalhabilidade, as misturas com EPS degasado apresentaram consistência estável e homogênea. O melhor comportamento foi obtido com o material tratado por 25 minutos.

Os resultados de resistência à compressão, Figura 3, mostraram que o concreto com 5% de EPS degasado por 25 minutos atingiu valores equivalentes e, em alguns casos, superiores aos do concreto de referência. Esse resultado comprova que a densificação do EPS reduz as perdas mecânicas típicas associadas ao uso de polímeros reciclados.

A resistência à tração indireta manteve-se próxima de 10 % da resistência à compressão, comportamento característico de concretos convencionais, enquanto a massa específica, Tabela 4, permaneceu praticamente inalterada, indicando que a incorporação de EPS nas proporções estudadas não afetou de forma significativa a densidade do material.

A análise microscópica, Figura 4, revelou forte coesão e boa aderência entre as partículas de EPS degasado e a matriz cimentícia, sem indícios de descolamento. Essa integração confirma uma zona de transição interfacial (ITZ) consolidada, fundamental para a transferência de tensões e para a durabilidade do concreto.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS:
DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI

Do ponto de vista ambiental, o reaproveitamento do EPS reduz o volume de resíduos plásticos e o consumo de areia natural, fortalecendo a economia circular e os princípios ESG na construção civil.

Figura 1- EPS antes e após o processo de degasagem térmica



Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela 1- Traço do concreto com 2,5 % de EPS degasado

Mix	Cimento (kg)	Brita (kg)	Areia (kg)	Água (kg)	EPS (Kg)
Referência	13,500	26,600	19,120	6,620	0,000
Natural	13,500	26,600	19,113	6,620	0,008
10 min	13,500	26,600	19,094	6,620	0,018
25 min	13,500	26,600	19,041	6,620	0,053
50 min	13,500	26,600	18,924	6,620	0,117
TOTAL	67,500	133,000	95,292	33,100	0,196

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS:
DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI

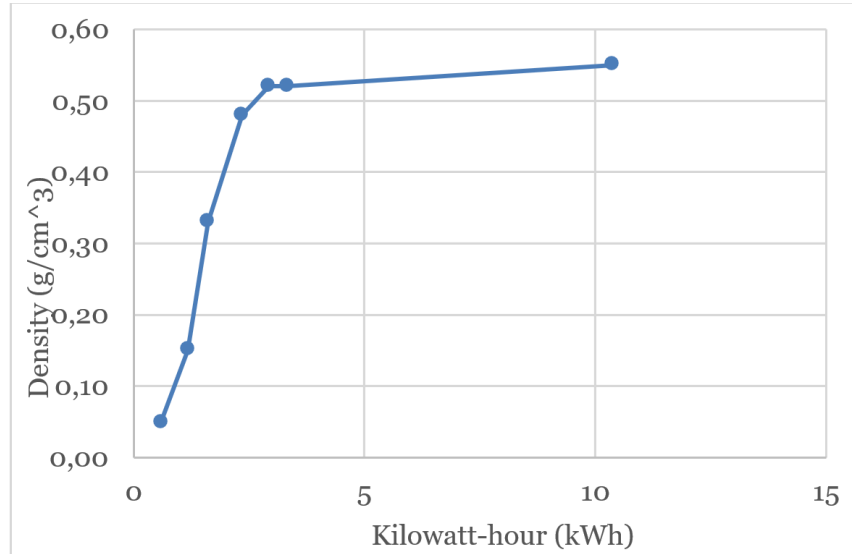
Tabela 2- Traço do concreto com 5 % de EPS degasado

Mix	Cimento (kg)	Brita (kg)	Areia (kg)	Água (kg)	EPS (Kg)
Referência	13,500	26,600	19,120	6,620	0,000
Natural	13,500	26,600	19,119	6,620	0,002
10 min	13,500	26,600	19,082	6,620	0,037
25 min	13,500	26,600	18,976	6,620	0,106
50 min	13,500	26,600	18,742	6,620	0,234
TOTAL	67,500	133,000	95,039	33,100	0,378

Tabela 3- Traço do concreto com 10 % de EPS degasado

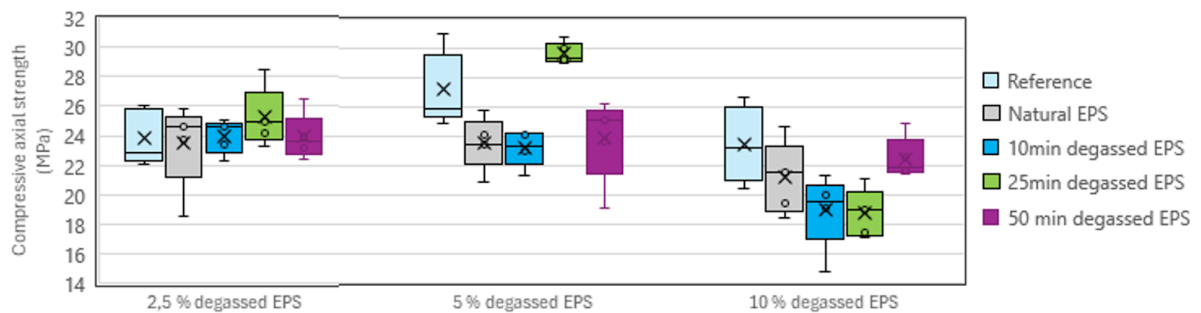
Mix	Cimento (kg)	Brita (kg)	Areia (kg)	Água (kg)	EPS (Kg)
Referência	13,500	26,600	19,120	6,620	0,000
Natural	13,500	26,600	19,090	6,620	0,030
10 min	13,500	26,600	19,017	6,620	0,073
25 min	13,500	26,600	18,805	6,620	0,212
50 min	13,500	26,600	18,338	6,620	0,468
TOTAL	67,500	133,000	94,370	33,100	0,782

Figura 2- Variação da densidade do EPS em função da energia térmica



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 3- Resistência à compressão dos concretos com diferentes teores de EPS degasado

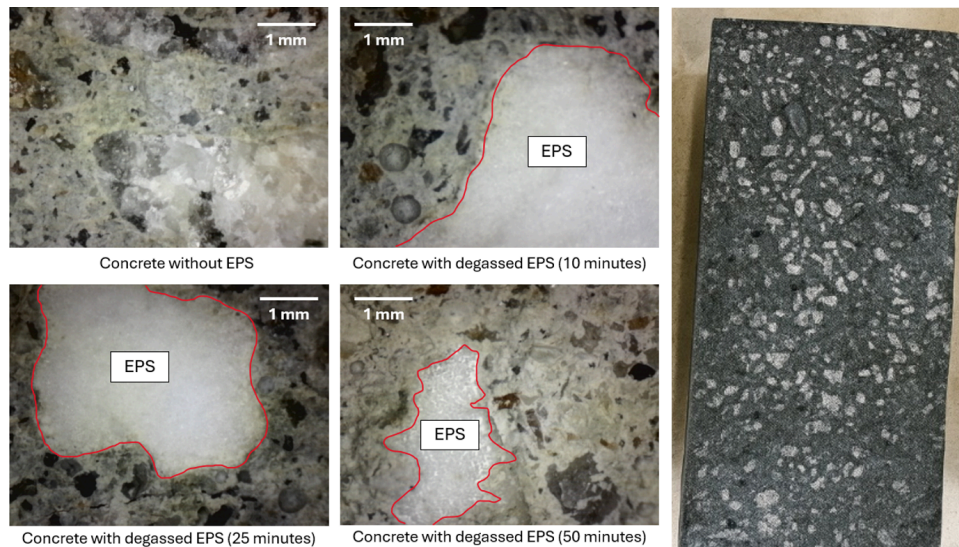


Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela 4- Massa específica dos tipos de concreto

	Concreto 1 (2,5%) KN/m ³	Concreto 2 (5%) KN/m ³	Concreto 3 (10%) KN/m ³	Média por tipo de isopor KN/m ³
Referência	22,7	22,9	22,8	22,8
Natural	22,7	22,8	22,9	22,8
10 minutos	22,8	22,7	22,6	22,7
25 minutos	22,8	23,0	22,6	22,8
50 minutos	22,7	22,8	22,6	22,7
Média por concreto KN/m ³	22,7	22,8	22,7	

Figura 4 - Microscopia da interface EPS/matriz cimentícia



Fonte: Autoria própria (2025).



Conclusões

O EPS degasado termicamente pode ser incorporado ao concreto de forma técnica e ambientalmente segura, sem prejuízo significativo ao desempenho mecânico. A substituição de 5 % da areia natural por EPS degasado por 25 minutos apresentou o melhor equilíbrio entre resistência, trabalhabilidade e eficiência energética.

Essa técnica representa uma alternativa sustentável e replicável, contribuindo para a redução de resíduos plásticos, preservação de recursos naturais e diminuição das emissões de CO₂. Alinhada aos princípios de ESG e aos ODS 9, 11, 12, 13, 14 e 15, a proposta reforça o papel da engenharia na busca por soluções inovadoras e ambientalmente responsáveis.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao PET Engenharia Civil – UFRJ Macaé e ao MEC, pelo incentivo à pesquisa, às universidades CESI École d'Ingénieurs e Polytech Sorbonne, pela oportunidade de parceria com alunos do exterior e à equipe de laboratório pelo apoio técnico e científico.

Referências

AHMAD, J. et al. **A step towards sustainable concrete with substitution of plastic waste in concrete: overview on mechanical, durability and microstructure analysis.** *Crystals*, v. 12, n. 7, p. 944, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/cryst12070944>.

ALMESHAL, I. et al. **Mechanical properties of concrete containing recycled plastic aggregates.** *Journal of Cleaner Production*, 2020.

BADACHE, A. et al. **Promoting circular economy in cementitious materials: performance of cementitious materials incorporating synthesized composite aggregates**



21 A 23 DE NOVEMBRO DE 2025
XXX ENAPET

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS:
DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI

from recycled plastic waste. *Preprints*, 2025. DOI:

<https://doi.org/10.20944/preprints202506.2140.v1>.

BARBOSA DA SILVA, W.; FLORIAN, F.; FERREIRA FILHO, W. G. **Use and importance of expanded polystyrene (EPS) in civil construction. *Recima21*, 2021.**

BARBOSA JÚNIOR, I. O.; MARTINS, W. B. M.; NEVES, R. M.; MACÊDO, A. N. **Sustainable practices in the construction sector: overview of companies in Brazil and their contributions to achieving the UN SDGs. 2024.**

BARBOSA JÚNIOR, I. O. et al. **Sustainable practices in the construction sector: overview of companies in Brazil and their contributions to achieving the UN SDGs. 2024.**

BARBOSA DA SILVA, W.; FLORIAN, F.; FERREIRA FILHO, W. G. **Use and importance of expanded polystyrene (EPS) in civil construction. *Recima21*, 2021.**

CHÓI, Y. W. et al. **Performance of structural concrete with recycled plastic waste as a partial replacement for sand. *Construction and Building Materials*, 2019.**

DE LARA, B. L. E.; PENTEADO, C. S. G. **Environmental assessment of construction waste prevention: a case study in a social housing project in Southeast Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 2024.**

DUTRA, V. S. **Technical feasibility study of using grinding residue dust for concrete production. Undergraduate Thesis – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2025.**

EPS INDUSTRY ALLIANCE. **What is EPS?** 2023. Disponível em:

<https://epsindustry.org/eps-applications/what-is-eps>.

GÁMEZ-GARCÍA, F. et al. **Sustainable concrete with recycled plastics: effects on workability and compressive strength. *Journal of Building Engineering*, 2025.**



XXX ENCONTRO NACIONAL DOS GRUPOS PET
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UnB)
Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte
70910-900, Brasília - DF





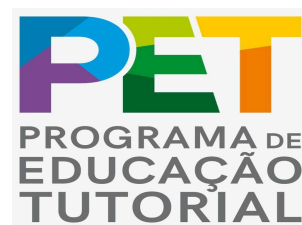
21 A 23 DE NOVEMBRO DE 2025
XXX ENAPET

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS:
DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI

- GUIMARÃES, G. V. M. et al. **Processing of expanded polystyrene packaging from UFRJ/Macaé food services for potential reuse in civil construction.** Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé, 2024.
- ISMAIL, Z. Z.; AL-HASHMI, E. A. **Use of waste plastic in concrete mixture as aggregate replacement.** *Waste Management*, 2008.
- JAIVIGNESH, B.; SOFI, A. **Study on mechanical properties of concrete using plastic waste as aggregate.** *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017.
- KUSMARYONO, I.; KRISTIA, E. M.; APRISANDI, D. **Transformation of plastic waste into construction material: experimental study of concrete with recycled plastic aggregates.** *Engineering and Technology Journal*, v. 10, n. 8, p. 6405–6408, 2025. DOI: <https://doi.org/10.47191/etj/v10i08.35>.
- MALAIKĚNĚ, J.; ŠKAMAT, J.; KUDŽMA, A.; BORIS, R.; BAČINSKAS, D. **The impact of differently prepared mixed plastic waste granules on the structure and properties of concrete.** *Sustainability*, v. 17, n. 3, p. 1052, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17031052>.
- NOGUEIRA, R. F. **Sand extraction in watercourses and its impacts: proposal of an interaction matrix.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.
- ROY, R.; MOTTAGHI, M.; WOODS, M.; PEARCE, J. M. **Life cycle carbon emissions savings of replacing concrete with recycled polycarbonate and sand composite.** *Preprints*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.20944/preprints202412.2429.v1>.
- SOARES, P. M. et al. **Recycled plastic waste as partial sand replacement in concrete: fresh and hardened properties.** *Materials Today: Proceedings*, 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 17054: 2022 – **Agregados: Determinação da distribuição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2022.



XXX ENCONTRO NACIONAL DOS GRUPOS PET
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UnB)
Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte
70910-900, Brasília - DF





21 A 23 DE NOVEMBRO DE 2025
XXX ENAPET

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS:
DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12655: 2015 –
Concreto: Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5738: 2018 –
Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos e prismáticos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5739: 2018 –
Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7222: 2011 –
Concreto: Ensaio de tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.
Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13315: 2022 –
Concreto: Determinação da massa específica, absorção de água e porosidade de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2022.



XXX ENCONTRO NACIONAL DOS GRUPOS PET
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UnB)
Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte
70910-900, Brasília - DF

