



*João Dallamuta
(Organizador)*

*Estudos
Transdisciplinares
nas Engenharias 3*

Atena
Editora

Ano 2019

João Dallamuta
(Organizador)

Estudos Transdisciplinares nas Engenharias

3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Rafael Sandrini Filho
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	Estudos transdisciplinares nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizador João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Transdisciplinares nas Engenharias; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-682-9 DOI 10.22533/at.ed.829190710 1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Transdisciplinaridade. I. Dallamuta, João. II. Série. CDD 620
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Se o Senhor Leonardo di Ser Piero da Vinci, por uma hipótese, fosse realizar concurso público para lecionar em uma universidade brasileira, teria enorme dificuldade para se adequar às regras do certame. Ele era cientista, matemático, inventor, engenheiro, médico anatomista, escultor, desenhista, arquiteto, artista plástico pintor poeta e músico. Dificilmente iria conseguir comprovar títulos ou se adequar as exigências.

Em termos mais modernos da Vinci teria conhecimentos transdisciplinares, um conceito para conhecimento de forma plural. Disciplinas e carreiras são divisões artificiais para facilitar a organização de cursos, currículos, regulamentações profissionais e facilitar a prática do ensino. Em tempos onde isto não existia, como na Grécia antiga ou na renascença havia o conhecimento plural na qual Leonardo da Vinci talvez seja o maior expoente.

Não se sugere que todo conhecimento transdisciplinar prove de um gênio, tão pouco que a organização por áreas do conhecimento não tenha seu valor. Apenas que a boa engenharia, em função da sua crescente complexidade trás necessidades de conhecimentos e competências transdisciplinares.

Neste livro são apresentados artigos abordando problemas de fornecimento de energia, água potável, urbanismo, gestão de varejo, técnicas de projeto e fabricação, uma combinação de áreas e temas que possuem um ponto em comum; são aplicações de ciência e tecnologia que buscam soluções efetivas para problemas técnicos, como deve ser em tese a boa engenharia.

Aos pesquisadores, editores e aos leitores para quem em última análise todo o trabalho é realizado, agradecemos imensamente pela oportunidade de organizar tal obra.

Boa leitura!
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DEMANDA ENERGÉTICA E PROPOSTAS DE SOLUÇÕES NO ESTADO DE RORAIMA	
Laura Vieira Maia de Sousa	
Talyta Viana Cabral	
Josiane do Socorro Aguiar de Souza de Oliveira Campos	
Luciano Gonçalves Noleto	
Maria Vitória Duarte Ferrari	
Túlio Costa de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.8291907101	
CAPÍTULO 2	15
ANÁLISE DO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA SANTA CASA DE AREALVA: SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO E AR CONDICIONADO	
José Rodrigo de Oliveira	
Matheus Henrique Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.8291907102	
CAPÍTULO 3	25
TRATAMENTO DA ÁGUA DE DRENAGEM PLUVIAL: UM MAL NECESSÁRIO?	
Carlos Augusto Furtado de Oliveira Novaes	
DOI 10.22533/at.ed.8291907103	
CAPÍTULO 4	36
DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE ÁGUAS URBANAS DA CIDADE DE CARAÚBAS/RN	
Larisa Janyele Cunha Miranda	
Leonete Cristina de Araújo Ferreira Medeiros Silva	
Rokátia Lorrany Nogueira Marinho	
Guilherme Lopes da Rocha	
Clélio Rodrigo Paiva Rafael	
DOI 10.22533/at.ed.8291907104	
CAPÍTULO 5	46
CALIBRAÇÃO DO FATOR DE ATRITO EM REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Alessandro de Araújo Bezerra	
Renata Shirley de Andrade Araújo	
Marco Aurélio Holanda de Castro	
DOI 10.22533/at.ed.8291907105	
CAPÍTULO 6	55
AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE ALTERNATIVAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, SOB ASPECTOS DE RESILIÊNCIA A INUNDAÇÕES E REQUALIFICAÇÃO AMBIENTAL	
Bruna Peres Battemarco	
Lilian Marie Tenório Yamamoto	
Aline Pires Veról	
Marcelo Gomes Miguez	
DOI 10.22533/at.ed.8291907106	
CAPÍTULO 7	67
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS: ESTUDO DE CASO EM ALGUNS	

TEATROS NA CIDADE DO RECIFE/PE

Carlos Fernando Gomes do Nascimento
Eduardo José Melo Lins
Eliana Cristina Barreto Monteiro
Amanda de Moraes Alves Figueira
Cynthia Jordão de Oliveira Santos
Débora Cristina Pereira Valões
Edenia Nascimento Barros
George da Mota Passos Neto
Gilmar Ilário da Silva
Lucas Rodrigues Cavalcanti
Marcionillo de Carvalho Pedrosa Junior
Maria Angélica Veiga da Silva
Mariana Santos de Siqueira Bentzen
Paula Gabriele Vieira Pedrosa

DOI 10.22533/at.ed.8291907107

CAPÍTULO 8 80

CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE COMPARATIVA DE PÓS NANOMÉTRICOS OBTIDOS POR MOAGEM DE ALTA ENERGIA COM E SEM LIXÍVIA ÁCIDA PARA APLICAÇÃO EM FOTOCATÁLISE

Lucca Monteiro Silva Semensato
Luis Fernando Baldo Estorari
Maise Helena Mancini
Veridiana Magalhães Costa Moreira
Ana Gabriela Storion
Eliria Maria de Jesus Agnolon Pallone
Tânia Regina Giraldi
Sylma Carvalho Maestrelli

DOI 10.22533/at.ed.8291907108

CAPÍTULO 9 93

CONTRIBUIÇÕES DA ANÁLISE DE REDES SOCIAIS A UM CLUSTER COMERCIAL PLANEJADO DE VAREJO DE AUTOMÓVEIS

Marco Aurélio Sanches Fittipaldi
Denis Donaire

DOI 10.22533/at.ed.8291907109

CAPÍTULO 10 106

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA MESA DE VARREDURA XY E APRIMORAMENTO DO SISTEMA FOCAL DE UM APARELHO DE LITOGRAFIA

Raul de Queiroz Mendes
Arlindo Neto Montagnoli

DOI 10.22533/at.ed.82919071010

CAPÍTULO 11 120

ANÁLISE DO IMPACTO DO ROTEAMENTO FIXO EM REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS TRANSLÚCIDAS CONSIDERANDO DIFERENTES CENÁRIOS DE DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DE TRANSMISSÃO

Arthur Hendricks Mendes de Oliveira
Helder Alves Pereira

DOI 10.22533/at.ed.82919071011

CAPÍTULO 12 128

ANÁLISE DO IMPACTO DO CASCATEAMENTO DE FILTROS ÓPTICOS CONSIDERANDO

DIFERENTES ARQUITETURAS DE REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS

Eloisa Bento Sarmento

Helder Alves Pereira

DOI 10.22533/at.ed.82919071012

CAPÍTULO 13 **138**

MODELAGEM DO EQUILÍBRIO SÓLIDO-LÍQUIDO NA SOLUBILIDADE DE ÁCIDOS GRAXOS EM SOLVENTES ORGÂNICOS

Bruno Rossetti de Souza

Vanessa Vilela Lemos

Jessica Cristina Silva Resende

Karolina Soares Costa

Marlus Pinheiro Rolemberg

Rodrigo Corrêa Basso

DOI 10.22533/at.ed.82919071013

CAPÍTULO 14 **149**

AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE TiO₂ OBTIDAS POR MOAGEM DE ALTA ENERGIA COM E SEM LIXIVIAÇÃO

Lucca Monteiro Silva Semensato

Vanessa Vilela Lemos

Gabriel de Paiva

Luis Fernando Baldo Estorari

Maisa Helena Mancini

Ana Gabriela Storion

Eliria Maria de Jesus Agnolon Pallone

Tânia Regina Giraldi

Sylma Carvalho Maestrelli

DOI 10.22533/at.ed.82919071014

CAPÍTULO 15 **161**

ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA DO PRÉ-AQUECIMENTO DO ÓLEO E DA TEMPERATURA DE TRANSESTERIFICAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO BIODIESEL

Gerd Brantes Angelkorte

Ivenio Moreira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.82919071015

CAPÍTULO 16 **170**

ASPECTOS BOTÂNICOS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Sebastião Gomes Silva

Jorddy Neves da Cruz

Pablo Luis Baia Figueiredo

Wanessa Almeida da Costa

Mozaniel Santana de Oliveira

Rafael Henrique Holanda Pinto

Renan Campos e Silva

Fernanda Wariss Figueiredo Bezerra

Raul Nunes de Carvalho Junior

Eloisa Helena de Aguiar Andrade

DOI 10.22533/at.ed.82919071016

CAPÍTULO 17 **182**

ESTUDO DOS EFEITOS DAS VARIÁVEIS DE IMPRESSÃO 3D POR EXTRUSÃO SOBRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO ÁCIDO POLILÁTICO (PLA) OBTIDAS POR INTERMÉDIO DE

ENSAIO DE TRAÇÃO

Camila Colombari Bomfim
Antônio Carlos Marangoni
Rafael Junqueira Marangoni

DOI 10.22533/at.ed.82919071017

CAPÍTULO 18 194

ESTUDO DO ASPECTO GEOMÉTRICO DOS CORDÕES DE SOLDA COMO ORIENTAÇÃO
OPERACIONAL PARA O USO NA SOLDAGEM MAG ROBOTIZADA

Everaldo Vitor
Paulo Eduardo Alves Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.82919071018

SOBRE O ORGANIZADOR..... 206

ÍNDICE REMISSIVO 207

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE ALTERNATIVAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, SOB ASPECTOS DE RESILIÊNCIA A INUNDAÇÕES E REQUALIFICAÇÃO AMBIENTAL

Bruna Peres Battemarco

Programa de Engenharia Civil – COPPE/UFRJ
Rio de Janeiro - RJ

Lilian Marie Tenório Yamamoto

Escola Politécnica – POLI/UFRJ
Rio de Janeiro - RJ

Aline Pires Veról

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura –
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/UFRJ e
Programa de Engenharia Civil – COPPE/UFRJ
Rio de Janeiro - RJ

Marcelo Gomes Miguez

Programa de Engenharia Civil - COPPE/UFRJ e
Programa de Engenharia Ambiental, Programa de
Engenharia Urbana - Escola Politécnica – POLI/
UFRJ
Rio de Janeiro - RJ

RESUMO: Ao longo dos anos, a visão tradicional do projeto de drenagem vem sofrendo modificações que visam articular o projeto de drenagem com a paisagem urbana por meio do manejo sustentável de águas pluviais, resgatando características hidrológicas naturais. Assim, este trabalho propõe a utilização de um quadro metodológico para avaliar quantitativamente os impactos, sob o ponto de vista da resiliência a inundações e da requalificação ambiental, de diferentes situações de uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica, considerando desde

uma urbanização irregular até uma alternativa sustentável. Para tal, utiliza-se a modelagem matemática hidrodinâmica como ferramenta de suporte, para obter dados do comportamento das inundações na bacia, em cada cenário. Realiza-se também a aplicação do Índice de Resiliência a Inundações (IRES) e o Índice de Requalificação Fluvial (REFLU) para a avaliação da resiliência a inundações e da requalificação ambiental, respectivamente. Como resultado, obtém-se valores de índices que confirmam as expectativas iniciais, nas quais a alternativa com medidas de desenvolvimento sustentável apresenta maior resiliência a inundações e maior requalificação ambiental, quando comparado a cenários caracterizados por uma ocupação sem controle.

PALAVRAS-CHAVE: Desenvolvimento Urbano Sustentável; Resiliência a Inundações; Requalificação Ambiental.

QUANTITATIVE EVALUATION OF LAND USE ALTERNATIVES, UNDER FLOOD RESILIENCE AND ENVIRONMENTAL RESTORATION ASPECTS

ABSTRACT: The classical drainage design has gone through several modifications aiming to articulate the drainage design with the urban landscape by developing a sustainable

stormwaters management, recovering the natural hydrological characteristic. This project aims to propose a framework to measure the impacts of different alternatives of land use and occupation on a watershed, from the point of view of flood resilience and environmental restoration, considering scenarios varying from an uncontrolled urbanization scenario to a sustainable one. In order to map the watershed flood behavior in each scenario, a hydrodynamic mathematical modelling tool was used to support this task. The Flood Resilience Index (FResI) and the Urban River Restoration Index (URRIx) were also applied for flood resilience and environmental restoration analysis, respectively. As a result, the obtained indexes values confirm the initial expectations, in which the situation with sustainable development measures shows greater flood resilience and also greater environmental restoration results, when compared with scenarios characterized by an occupation without control.

KEYWORDS: Sustainable Urban Development; Flood Resilience; Environmental Restoration.

1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a maneira de lidar com as inundações urbanas vem sofrendo uma mudança de paradigma. Essa mudança leva a discussão a migrar da tradicional proteção contra inundações para o conceito de gestão dos riscos de inundação. Com a nova abordagem, torna-se mais clara a necessidade de integração setorial no processo de pensar e planejar as cidades. Destaca-se que a urbanização abre dois caminhos possíveis: um que gera oportunidades para o desenvolvimento sustentável e outro que aumenta o risco de desastres, a partir do momento que aumenta a exposição e a vulnerabilidade às inundações (UNISDR, 2017).

No sentido contrário à materialização do risco, desenvolve-se a atuação da resiliência. Segundo a Estratégia Internacional para a Redução de Desastres – UNISDR (2009) e Jha *et al.* (2012), resiliência é a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade exposta a um perigo de resistir, absorver, adaptar e recuperar de seus efeitos de maneira rápida e eficaz, incluindo a preservação e restauração de suas estruturas e funções básicas. Como ressaltado por Veról (2013), o aumento da resiliência das cidades pode ser obtido preparando a cidade para um melhor convívio com as cheias, a partir de um zoneamento de inundações, por exemplo, ou ainda diminuindo a geração de escoamentos provocados pela transformação da chuva em vazão e reorganizando os padrões de escoamento das vazões resultantes. Esse caminho de ação incorpora medidas de controle de escoamento na fonte, com a implantação de medidas de armazenamento e infiltração nos espaços públicos, por exemplo, como paisagens multifuncionais e infraestruturas verdes, em nível de loteamento, e ações de requalificação fluvial, na escala da bacia, entre outras possibilidades. A resiliência pode crescer pela adaptação do sistema para gerar menores inundações.

A requalificação fluvial, por sua vez, trata de um conjunto de ações sinérgicas,

que procuram agregar valor ambiental e ecológico aos rios, abordando quatro elementos principais: risco hidráulico e controle de cheias, qualidade da água, equilíbrio morfológico e recuperação dos ecossistemas fluviais. É uma prática que busca recuperar (algumas) características naturais dos corpos hídricos, procurando satisfazer também objetivos socioeconômicos e proporcionando, assim, benefícios para uso recreativo ou lazer, aspectos que agregam valor para a sociedade (CIRF, 2006). O seu objetivo global é obter um curso d'água com melhor qualidade ambiental.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar, de forma quantitativa, diferentes alternativas de uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica ainda em processo de urbanização e com vários desdobramentos possíveis, sob o ponto de vista de aumento da resiliência a inundações e da requalificação ambiental.

2 | ESTUDO DE CASO: VARGEM GRANDE, RIO DE JANEIRO

O foco deste trabalho recai em Vargem Grande, Bairro da Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro. Vargem Grande está inserida na região da Baixada de Jacarepaguá e é uma área ambientalmente sensível, que se caracteriza, principalmente, pela existência de vegetação nativa, uma rede hidrográfica densa e a oferta de muitos espaços livres de edificações. Também possui cotas próximas ao nível do mar, o que a torna propensa a sofrer inundações. Apesar disso, essa área também se configura como vetor de expansão urbana da cidade. Para fins de avaliação do impacto de diferentes alternativas de uso e ocupação do solo, optou-se por delimitar uma área, de aproximadamente 500 hectares, situada na sub-bacia da Zona dos Canais (Figura 1).

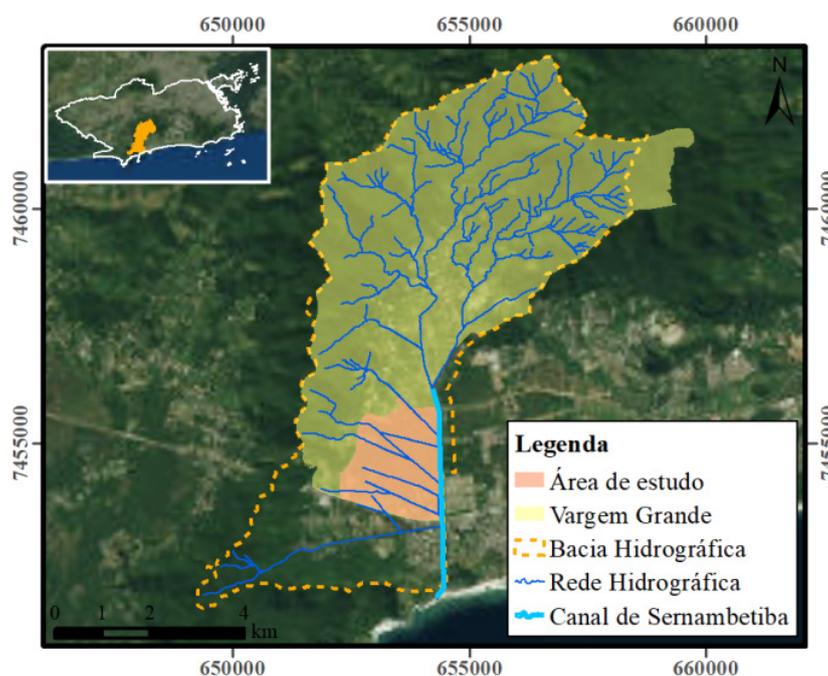


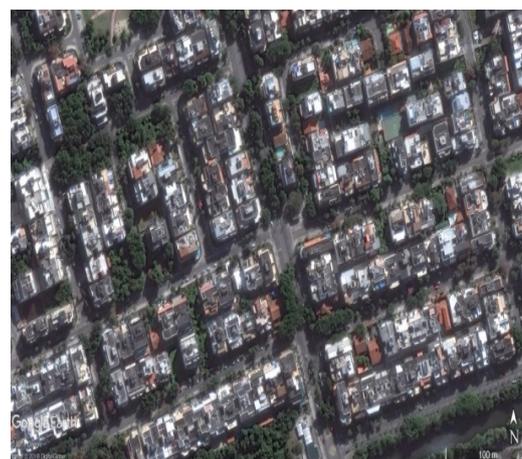
Figura 1 – Localização da área de estudo (BATTEMARCO et al., 2018)

Diferentes alternativas de uso e ocupação do solo foram consideradas para fins

de avaliação comparativa do comportamento destas formas de ocupação. A Alternativa de Urbanização sem Controle (Figura 2 (a)) é caracterizada por altos índices de impermeabilização do solo, intensificação da ocupação irregular nas margens dos rios e alta densidade habitacional. Já a alternativa de Urbanização Conforme Padrão da Orla Local (Figura 2 (b)), supõe que, em um contexto futuro, poder-se-ia expandir o padrão de urbanização consolidado na parte costeira, no bairro do Recreio dos Bandeirantes, que mesmo respondendo a uma legislação formal pode conter deficiências, no que tange à sustentabilidade e à efetividade da drenagem.



(a) Sem Controle



(b) Padrão da Orla Local

Figura 2 - Alternativas de Uso e Ocupação do Solo Consideradas

A Alternativa de Urbanização Sustentável (Figura 3), por sua vez, considera a conservação ou recuperação da Faixa Marginal de Proteção nos canais, quando possível, com a implantação de áreas de lazer e convívio para a população, consolidando parques lineares. Simultaneamente, esses parques reservam espaço para receber eventual extravasamento do rio e, portanto, produzem um amortecimento de cheia. Para garantir sua eficácia, o projeto propõe a realocação da população que atualmente habita dentro da calha secundária do Canal Sernambetiba e sofre prejuízos com eventuais inundações, para uma área do novo loteamento dotada de infraestrutura e capaz de acolher estes habitantes com qualidade. É importante ressaltar que os parques lineares propostos formam verdadeiros corredores verdes urbanos, promovendo a integração do Parque Estadual da Pedra Branca até a Praia da Macumba.

Outra proposta é conectar os espaços recém formalizados por meio de *highlines*, que são caminhos elevados que promovem o fluxo de pedestres ao longo do parque, atraindo o lazer ecológico. Além disso, foram previstos pequenos corredores verdes entre lotes, a implantação de aterros na cota mínima de segurança (2m) e o remanejamento do Museu Casa do Pontal para um ponto nodal do projeto, estabelecendo um centro de referência cultural.

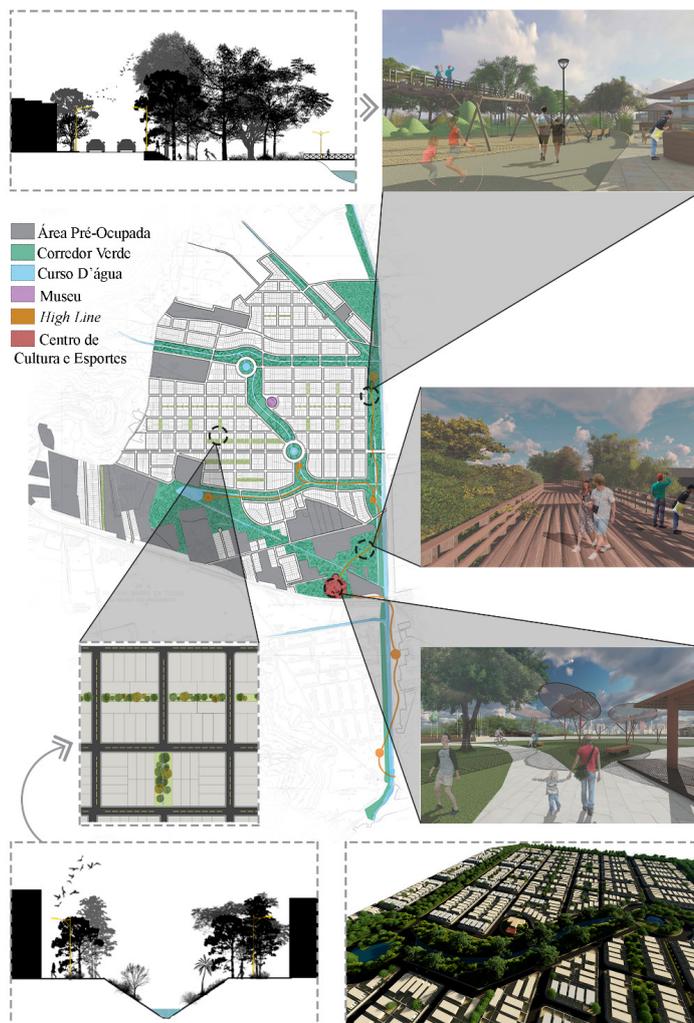


Figura 3 - Alternativa de Urbanização Sustentável (VERÓL et al., 2018a)

3 | METODOLOGIA

A ferramenta de modelagem matemática MODCEL (MASCARENHAS E MIGUEZ, 2002; MIGUEZ *et al.*, 2017) foi usada para definir mapas de inundação. A discretização da bacia compreendeu 800 células (Figura 4 (a)) na simulação da situação atual, bem como das alternativas sem controle e conforme padrão da orla local. Já para a alternativa de urbanização sustentável, o número total de células utilizadas para representação da área de estudo foi de 1046 (Figura 4 (b)). As alternativas foram simuladas considerando um tempo de recorrência de 25 anos, referência do Ministério das Cidades para projetos de macrodrenagem, e duração da chuva de projeto igual a 125 minutos, condizente ao tempo de concentração da bacia. Ao todo, foram utilizadas quatro condições de contorno: três de vazão e uma de nível, representativa da maré local.

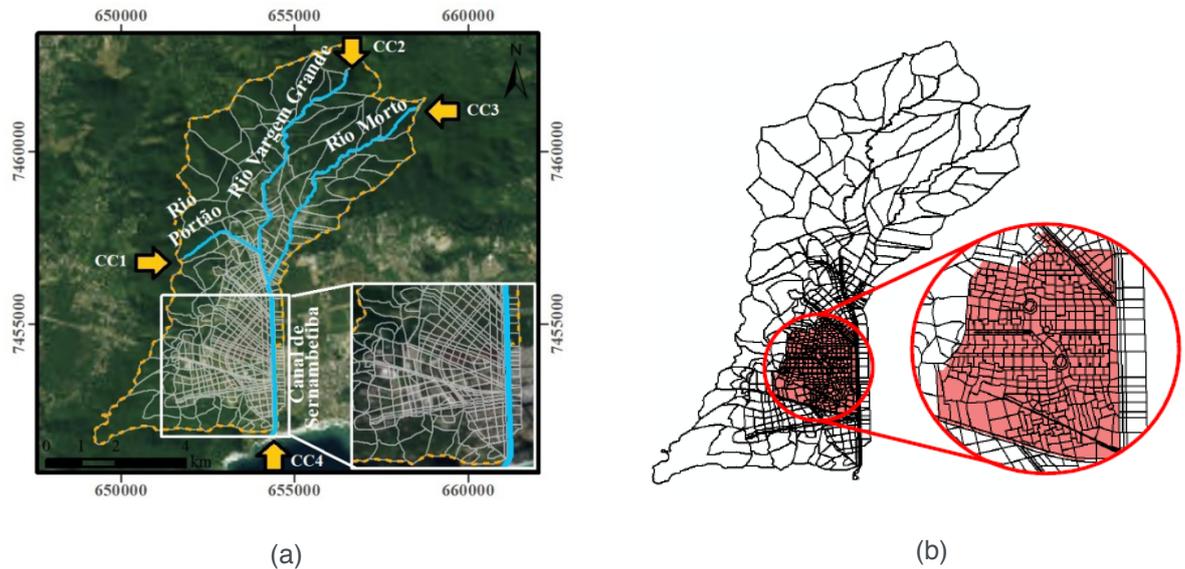


Figura 4 - Divisão de Células: (a) Situação Atual e Alternativas Sem Controle e Conforme o Padrão da Orla; (b) Alternativa de Urbanização Sustentável

A avaliação quantitativa da resiliência foi feita com o Índice de Resiliência a Inundações – *IRES* (TEBALDI *et al.*, 2015; BERTILSSON; WIKLUND, 2015). O *IRES* é um índice quantitativo multicritério com variação de 0 a 1 em uma escala normalizada (quanto mais próximo de 1, mais resiliente). Sua metodologia se baseia no conceito de minimização do Risco, combinando seus componentes básicos de *perigo* e *vulnerabilidade*, considerados no sentido contrário de sua efetiva materialização. Com isso, o índice conjuga seis subíndices, referentes às características de inundação, idade da população afetada, vulnerabilidade, valor relativo e exposição, agrupados em um somatório (Equação 1).

$$IRES = [1 - (I_P^{n_1} \cdot I_E^{n_2} \cdot I_S^{n_3}) \cdot m_1] + (1 - I_{VR}) \cdot m_2 + (1 - I_{FP}) \cdot m_3 + (1 - I_{Id}) \cdot m_4 \quad (1)$$

Onde:

- *IRES* - Índice de Resiliência a Inundações;
- I_P - Subíndice “Perigo”, correspondente à lâmina d’água dentro das edificações, em uma dada área, capaz de gerar danos, dependendo da altura atingida;
- I_E - Subíndice “Exposição”, relativo à densidade de domicílios presente nas áreas inundáveis;
- I_S - Subíndice “Susceptibilidade”, relativo às edificações efetivamente afetadas pelas cheias (casa e pavimentos térreos de edifícios) nas áreas inundáveis;
- I_{VR} - Subíndice “Valor Relativo”, relativo às perdas provocadas pela inundação, sofridas pela população local, divididas pela renda familiar, indicando a importância relativa das perdas provocadas pela inundação, quando comparada a capacidade de reposição da população, indicada pela sua renda;

- I_{FP} – Subíndice “Fator de Permanência”, relativo ao tempo de alagamento mantido acima de determinadas lâminas de referência, associadas a perturbações em residências e na circulação de pedestres e no tráfego;
- I_{id} – Subíndice “Idade da População”, relativo ao percentual de jovens e crianças (menores de 15 anos) e idosos (maiores de 60 anos) na população residente na área analisada;
- m_1, m_2, m_3, m_4 - Pesos associados a cada uma das parcelas, atribuídos em função de sua importância relativa. O somatório dos pesos “ m ” deve resultar 1 (adotado: $m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = 0,25$);
- n_1, n_2, n_3 - Pesos associados aos subíndices I_P, I_E, I_S atribuídos em função de sua importância relativa. O somatório dos pesos “ n ” deve resultar 1 ($n_1 = 0,5; n_2 = n_3 = 0,25$, como sugestão inicial).

Dados socioeconômicos do IBGE (2010), relativos à renda familiar e classe social, e também das edificações, foram utilizados. Também foi necessário realizar um estudo prospectivo em relação à distribuição da população e de domicílios nas alternativas de uso e ocupação do solo considerados.

Para a avaliação quantitativa da requalificação ambiental, foi considerado o Índice de Requalificação Fluvial Urbana (VERÓL, 2013; VERÓL *et al.*, 2018b), proposto com o objetivo de medir a qualidade do sistema fluvial como sistema natural, em bacias urbanas. O REFLU (Equação 2) varia entre 0 e 1, sendo o valor mais próximo de 1 correspondente a uma melhor qualidade ambiental, e é composto por quatro subíndices: *Estado Geral da Bacia, Conectividades, Situação das Margens e Mitigação de Cheia*, também variáveis entre 0 e 1.

$$REFLU = I_{EGB} \cdot p_{EGB} + I_C \cdot p_C + I_{SM} \cdot p_{SM} + I_{MC} \cdot p_{MC} \quad (2)$$

Onde:

- REFLU – Índice de Requalificação Fluvial;
- I_{EGB} – Subíndice “Estado Geral da Bacia”, relativo aos impactos da ocupação da bacia hidrográfica relacionados ao uso do solo e a gestão de recursos hídricos. Indicadores: “Permeabilidade” e “Saneamento”;
- I_C – Subíndice “Conectividades”, relativo ao nível de conectividade do curso d’água principal. Indicadores: “Conectividade Transversal”, “Conectividade Longitudinal” e “Conectividade Vertical”;
- I_{SM} – Subíndice “Situação das Margens”, relativo às extensões de margem com configuração original e preservação de mata ciliar. Indicadores: “Margens Vegetadas” e “Margens Não Ocupadas por Casas”.
- I_{MC} – Subíndice “Mitigação de Cheia”, relativo aos alagamentos nas áreas urbanizadas. Relaciona-se o volume de alagamento no pico da cheia ao volume total precipitado.
- $P_{EGB}, P_C, P_{SM}, P_{MC}$ - Pesos associado aos subíndices, atribuídos em função de sua importância relativa. O somatório dos pesos “ p_i ” deve resultar 1 (adotado: $P_{EGB} = P_C = P_{SM} = P_{MC} = 0,25$).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

As manchas de inundação (Figura 5) confirmam as expectativas iniciais de que quanto mais impermeável a configuração urbana e com saídas mais limitadas para os canais, maiores são as lâminas d'água. Como pode ser observado, as alternativas de Urbanização sem Controle (b) e conforme Padrão da Orla Local (c) apresentam uma inundação generalizada, com concentração das maiores lâminas d'água nas margens dos canais e, principalmente, nas confluências entre rios. Na Alternativa de Urbanização Sustentável, por sua vez, parques cumprem a função de reservatórios de retenção, recebendo boa parte dos escoamentos superficiais. No entanto, ainda é possível observar inundações espalhadas devido ao caráter plano do terreno, com lâminas de até 0,35m, que podem ser minoradas por meio do funcionamento da rede de microdrenagem, não representada no modelo.

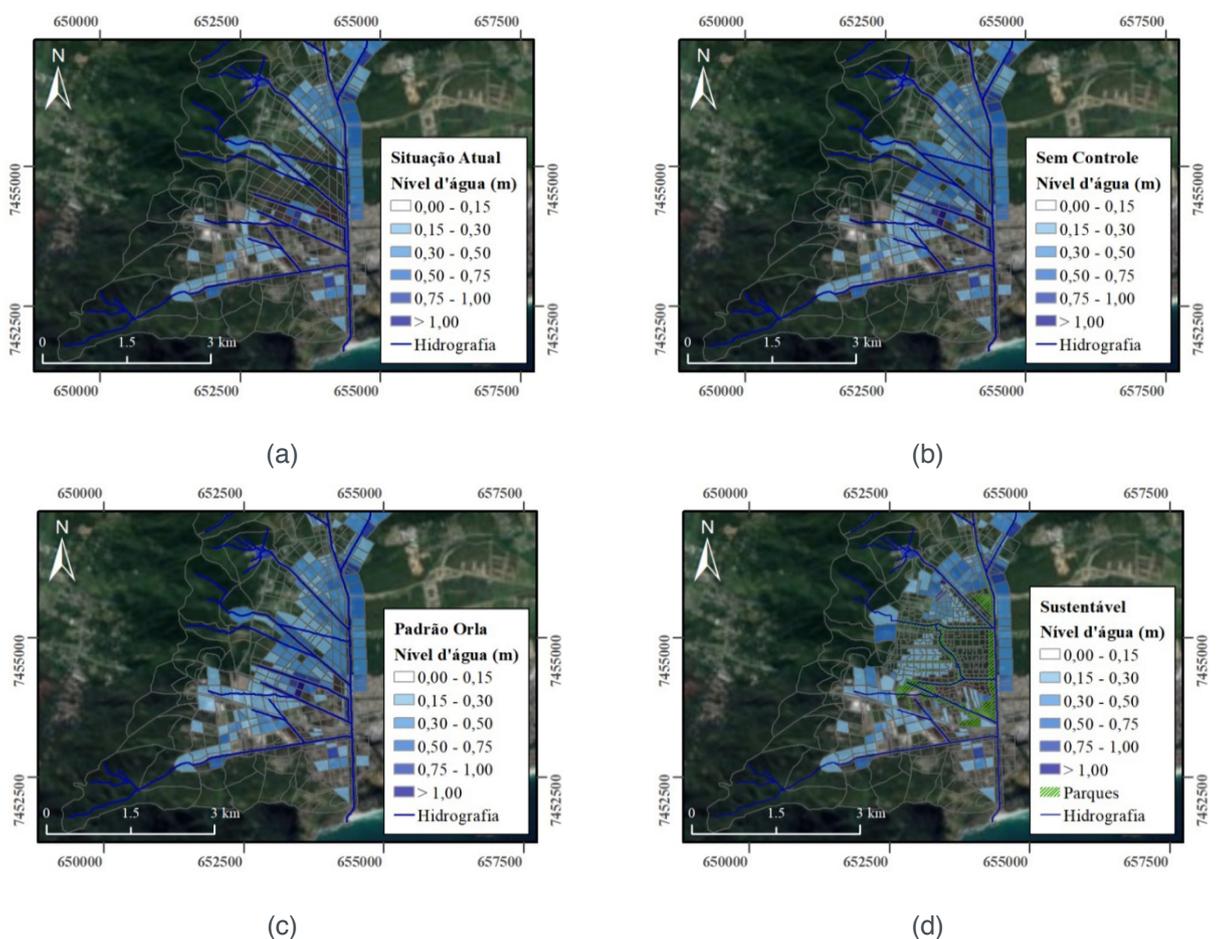


Figura 5 - Manchas de Inundação: (a) Situação Atual; (b) Alternativa de Urbanização Sem Controle; (c) Alternativa de Urbanização Conforme Padrão da Orla Local; (d) Alternativa de Urbanização Sustentável

Os resultados da aplicação do Índice de Resiliência a Inundações (IRES) são apresentados nos mapas da Figura 6, e de forma numérica, na Tabela 1. É possível observar, através dos mapas, que as alternativas consideradas impactam diretamente a resiliência da bacia. Como esperado, a Alternativa de Urbanização Sem Controle, que representa a pior configuração de expansão, altera significativamente a resiliência

para uma situação pior, enquanto a que considera a Urbanização Sustentável é capaz de até melhorar a resiliência em alguns lugares.

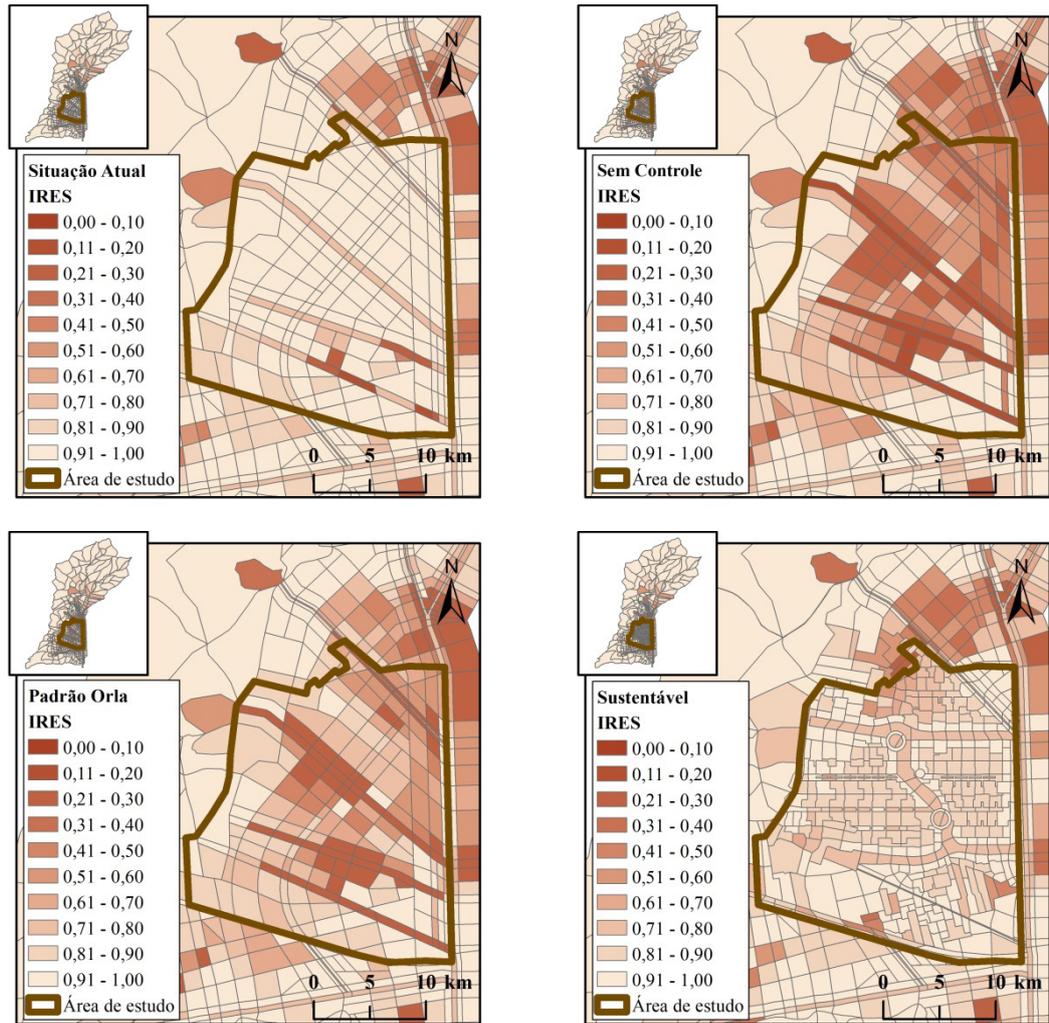


Figura 6 - Resultados da Aplicação do IRES com foco na área de estudo

Alternativas	IRES - Bacia	IRES - Recorte
Situação Atual	0,81	0,90
Urbanização Sem Controle	0,79	0,66
Urbanização Padrão Orla Local	0,80	0,72
Urbanização Sustentável	0,81	0,87

Tabela 1 - Resultados da Aplicação do IRES – Valores médios para a bacia e para o recorte da área de estudo

Ao se comparar as diferentes alternativas para os valores obtidos somente no recorte da área de estudo, onde foram introduzidas as alterações de cada expansão considerada, pode-se observar, então, que as Alternativas de Urbanização Sem Controle e Conforme Padrão da Orla Local são capazes de diminuir significativamente os valores de resiliência da região, ou seja, a capacidade de recuperação da área frente a um evento de inundação. A Alternativa de Urbanização Sustentável, por sua vez, é capaz de praticamente manter o valor atual (com suas características naturais)

mesmo com a introdução de um projeto de loteamento e ocupação da área.

Os resultados obtidos com a aplicação do índice REFLU, apresentados na Tabela 2, permitem concluir que as Alternativas de Urbanização sem Controle e Conforme Padrão da Orla Local reduzem bastante as características naturais da bacia, diminuindo assim a sua qualidade ambiental. Por outro lado, a Alternativa de Urbanização Sustentável é capaz de conciliar a expansão urbana com o ganho de qualidade ambiental para a bacia.

Alternativas	REFLU
Situação Atual	0,78
Urbanização Sem Controle	0,47
Urbanização Padrão Orla Local	0,47
Urbanização Sustentável	0,89

Tabela 2 - Resultado da Aplicação do Índice REFLU

A grande diferença entre os valores obtidos pode ser melhor entendida quando se avalia o impacto de alguns subíndices no resultado final. Por exemplo, destacam-se os subíndices “*Conectividades*” e “*Situação das Margens*”. Como na Alternativa de Urbanização Sustentável é previsto o remanejamento de habitações irregulares na calha do rio, promovendo maior liberdade de extravasamento, os valores de conectividade transversal tendem a ser maiores do que na Situação Atual e nas Alternativas de Urbanização sem Controle e Conforme Padrão da Orla Local. Além disso, nestas últimas alternativas, os canais passam a ser concretados, fazendo com que a conectividade vertical se iguale a 0. No que diz respeito à “*Situação das Margens*”, na Alternativa de Urbanização Sustentável, tende-se ao aumento da extensão de rio com margens vegetadas e não ocupadas por casa, mantendo ou melhorando tais indicadores em relação a conjuntura atual. Destaca-se ainda que, embora haja impacto na permeabilidade pelo processo de urbanização, as alterações foram realizadas em um recorte que representa uma parcela pequena da área da bacia. Desta forma, a presença do Parque Estadual da Pedra Branca em grande parte da bacia mantém o valor do indicador de permeabilidade alto em todas as alternativas.

5 | CONCLUSÕES

A transição de um ambiente mais natural - situação atual - para um ambiente urbanizado intensifica as inundações devido às alterações no uso do solo. Além disso, é de se esperar também uma perda na qualidade ambiental dos rios e da bacia nesse processo. Entretanto, os efeitos da urbanização podem ser minorados, por exemplo, por meio das medidas adotadas na alternativa de urbanização sustentável, tais como: a preservação das margens e fundos de vale, a destinação de espaços ao amortecimento de cheia, entre outras.

Os resultados obtidos com a modelagem matemática e com a aplicação do REFLU e do IRES, permitem constatar, quantitativamente e por meio da comparação entre os diversos cenários, a importância de um planejamento urbano que considera o desenvolvimento sustentável, respeitando o espaço dos rios e permitindo uma maior integração entre o ambiente natural e o ambiente construído. Com a Alternativa de Urbanização Sustentável, observou-se um ganho ambiental e a manutenção da resiliência atual da região, com características ainda bem naturais, mesmo com o projeto de uma ocupação urbana.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) [Código de Financiamento 001; 1681776]; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [303240/2017-2].

REFERÊNCIAS

BATTEMARCO, B. P.; YAMAMOTO, L. M. T.; VERÓL, A. P.; MIGUEZ, M. G. Avaliação Quantitativa de Alternativas de Uso e Ocupação do Solo, sob Aspectos de Resiliência a Inundações e Requalificação Ambiental. In: Encontro Nacional de Águas Urbanas, 12., 2018, Maceió. **Anais...** Maceió: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2018.

BERTILSSON, L.; WIKLUND, K. **Urban Flood Resilience: A case study on how to integrate flood resilience in urban planning.** 2015. 79f. Dissertação (Mestrado em Division of Water Resources Engineering) - Lund University, Lund, 2015.

CIRF – Centro Italiano per la Riquilificazione Fluviale. **La riquilificazione fluviale in Italia: linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio.** 1. ed. Nardini A & Sansoni G (Ed). Venezia: Mazzanti, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010.** Rio de Janeiro, 2011.

JHA, A. K.; MINER, T. W.; GEDDED, Z. S. **Building Urban Resilience: Principles, Tools and Practice,** Washington D. C.: The World Bank, 2012.

MASCARENHAS, F.C.B.; MIGUEZ, M.G. **Urban Flood Control through a Mathematical Flow Cell Model.** In: Water International Resources, 2002, Illinois. v. 27, n. 2, p. 208-218.

MIGUEZ, M. G.; BATTEMARCO, B. P.; DE SOUSA, M. M.; REZENDE, O.M.; VERÓL, A.P.; GUSMAROLI, G. Urban Flood Simulation Using MODCEL—An Alternative Quasi-2D Conceptual Model, **Water**, Basel, v. 9,n. 6, pp. 445, 2017.

TEBALDI, I. M.; MIGUEZ, M. G.; BATTEMARCO, B. P.; REZENDE, O. M.; VERÓL, A. P. Índice de Resiliência a Inundações: Aplicação para a Sub-bacia do Rio Joana, Rio de Janeiro, RJ. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 21., 2015, Brasília. **Anais...** Brasília: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015.

UNISDR – Estrategia Internacional para Reducción de Desastres de las Naciones Unidas, **Terminología sobre reducción del riesgo de desastres**. Ginebra: Naciones Unidas, 2009.

UNISDR – The United Nations Office for Disaster Risk Reduction, **How To Make Cities More Resilient: A Handbook For Local Government Leaders**. Geneva: United Nations, 2017.

VERÓL, A. P. **Requalificação Fluvial Integrada ao Manejo de Águas Urbanas para Cidades mais Resilientes**. 2013. 367 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

VERÓL, A. P.; MIGUEZ, M. G.; YAMAMOTO, L. M. T.; BRITO, F. A.; FERNANDEZ, F. F.; BATTEMARCO, B. P.; REGO, A. Q. S. F., **Guidelines for the Urbanization of Environmentally Sensitive Areas Subjected to Floods**, In: SDEWES Latin American Conference on Sustainable Development of Energy, Water, and Environment Systems, 1., 2018a. Rio de Janeiro, 2018, p. 1-19.

VERÓL, A. P.; MIGUEZ, M. G.; BATTEMARCO, B. P.; HADDAD, A. N., **The Urban River Restoration Index (URRIx) as a Supporting Tool for Decision Making on Urban Flood Control Alternatives**. In: SDEWES Latin American Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 1., 2018b. Rio de Janeiro, 2018, p. 1-19.

SOBRE O ORGANIZADOR

JOÃO DALLAMUTA Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Doutorando em Engenharia Espacial pelo INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ácidos Graxos 138, 139, 143, 146, 147
Águas Pluviais 25, 26, 27, 28, 31, 33, 38, 39, 40, 43, 45, 55, 76
Algoritmo de Roteamento 120, 123, 126, 127
Algoritmo de Utilização de Regeneradores 120
Análise de Redes Sociais 93, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 103, 104
Arquitetura 55, 123, 128, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 136
Aspectos Botânicos 170, 171

B

Biocombustível 161, 162, 164, 165
Biodiesel 3, 13, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169
Biomassa 3, 8, 13, 161

C

Calibração 46, 48, 49, 50, 52, 53, 54
Caraúbas 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44
Cluster Comercial 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103
Concatenação 128, 129, 135
Conservação de Energia Elétrica 15, 16, 20, 23, 24
Controle de Posição 106, 110, 112, 113, 117, 118, 119

D

Degradação de Estruturas 68
Demanda Energética 1, 2, 7, 8, 9, 10, 12
Desenvolvimento Urbano Sustentável 55
Destilado de Desodorização 138
Drenagem Urbana 25, 37, 38, 40, 43, 44

E

Economia de Energia 15, 22
Eficiência Luminosa 15, 16, 17, 18
Energia Alternativa 161
Equilíbrio Sólido-Líquido 138, 140, 141, 144
Equipamento de Litografia Óptica 106, 108, 110, 111, 112, 118
Escoamentos 25, 27, 29, 30, 31, 33, 56, 62

F

Fator de Atrito 46, 49, 50, 52

Filtro Óptico 128, 129, 130, 132

Fotocatálise 80, 81, 82, 89, 149, 150, 151, 160

G

Gestão de Águas Urbanas 36, 38, 44

L

Lixívia Ácida 80, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 159

M

Mesa Cartesiana XY 106

Microgravação 106

MIGHA 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Moagem de Alta Energia 80, 81, 82, 83, 86, 89, 91, 149, 150, 151, 154, 159, 160

Modelagem Termodinâmica 138

N

Nanopartículas 81, 92, 149, 150, 160

Nanopós 81, 149, 150, 151, 152, 153

O

Óleos Essenciais 170, 171

P

Patologias 68, 69

Penalidade Física 128, 129

Propriedades Medicinais 170

Q

Qualidade de Transmissão 120, 121, 128, 129

R

Rede Óptica Elástica 120, 127, 128, 136

Rede Óptica Elástica Translúcida 120, 127, 136

Remoção de Contaminantes 25, 33

Requalificação Ambiental 55, 57, 61, 65

Resiliência a Inundações 55, 57, 60, 62, 65

Roraima 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14

S

Saneamento Básico 36, 37, 43, 44

Solubilidade 32, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 148

T

Teatros Públicos 68

TiO₂ 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160

Tratamento de Efluentes 25, 26, 33, 82, 151

Troca de Informações 93, 96, 98, 101, 103

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-682-9

