

# Geodesign no Brasil:

Abordagens para o  
planejamento ambiental urbano



Organizadores:

**Amanda Lombardo Fruehauf**  
**Ashiley Adelaide Rosa**  
**Cíntia Miua Maruyama**  
**Matheus Aguiar Coelho**



**Pedro & João**  
editores

**Geodesign no Brasil:  
abordagens para o planejamento  
ambiental urbano**



**Amanda Lombardo Fruehauf  
Ashley Adelaide Rosa  
Cíntia Miua Maruyama  
Matheus Aguiar Coelho  
Organizadores**

**Geodesign no Brasil:  
abordagens para o planejamento  
ambiental urbano**

**Copyright © Autoras e autores**

Todos os direitos garantidos. Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, transmitida ou arquivada desde que levados em conta os direitos das autoras e dos autores.

---

**Amanda Lombardo Fruehauf; Ashiley Adelaide Rosa; Cíntia Miua Maruyama; Matheus Aguiar Coelho [Orgs.]**

**Geodesign no Brasil: abordagens para o planejamento ambiental urbano.** São Carlos: Pedro & João Editores, 2022. 187p. 21 x 29 cm.

**ISBN: 978-65-5869-877-7 [Digital]**

**DOI: 10.51795/9786558698777**

1. Geodesign. 2. Planejamento ambiental urbano. 3. Infraestrutura Verde. 4. Arquitetura e Urbanismo. I. Título.

CDD – 720

---

**Capa:** Petricor Design

**Imagem da capa:** Matheus Aguiar Coelho

**Ficha Catalográfica:** Hélio Márcio Pajeú – CRB - 8-8828

**Diagramação:** Diany Akiko Lee

**Editores:** Pedro Amaro de Moura Brito & João Rodrigo de Moura Brito

**Conselho Científico da Pedro & João Editores:**

Augusto Ponzio (Bari/Itália); João Wanderley Geraldi (Unicamp/ Brasil); Hélio Márcio Pajeú (UFPE/Brasil); Maria Isabel de Moura (UFSCar/Brasil); Maria da Piedade Resende da Costa (UFSCar/Brasil); Valdemir Miotello (UFSCar/Brasil); Ana Cláudia Bortolozzi (UNESP/Bauru/Brasil); Mariangela Lima de Almeida (UFES/Brasil); José Kuiava (UNIOESTE/Brasil); Marisol Barenco de Mello (UFF/Brasil); Camila Caracelli Scherma (UFFS/Brasil); Luis Fernando Soares Zuin (USP/Brasil).



**Pedro & João Editores**

[www.pedroejoaoeditores.com.br](http://www.pedroejoaoeditores.com.br)

13568-878 – São Carlos – SP

2022

## Apresentação

Tudo começou quando, no início de 2021, um grupo liderado pelo professor Paulo Renato Mesquita Pellegrino, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP), realizou um workshop de Geodesign com o objetivo de aumentar em 30% os créditos de carbono da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). O trabalho fez parte de uma grande rede de pesquisa estabelecida entre professores, profissionais e alunos, liderada pela professora Ana Clara Moura, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A referida professora também coordenou o projeto “*Geodesign Brazil: Trees for the Metropolitan Area of Sao Paulo*”, simultaneamente executado em quinze regiões metropolitanas do país.

A equipe de São Paulo atingiu os objetivos propostos e ainda lançou novas metas e desafios. O grupo debateu, por exemplo, a redução de Ilha de Calor e os reservatórios de detenção, propondo alternativas para a mitigação de alagamentos cada vez mais recorrentes na RMSP. Houve, também, previsões sobre os assentamentos informais, sobre a evolução da mancha urbana e sobre os impactos na reserva de água potável para a população, tendo como fundamento a metodologia proposta por Steinitz para o *International Geodesign Collaboration* (IGC), com cenários futuros propositivos *non adopter*, *late adopter* e *early adopter* para os anos de 2035 e 2050. O workshop rendeu bons frutos, que foram apresentados no IGC e no ICCSA e, posteriormente, publicados na série de livros *Springer Lecture Notes in Computer Science* (LNCS, volume 12954), ambos de 2021.

O artigo intitulado “*Trees for the Metropolitan Area of São Paulo*”, enviado para o 21º ICCSA, evento sediado na Itália, foi premiado como um dos melhores trabalhos, sendo a recebida premiação a motivação para a criação deste *e-book*. O objetivo desta publicação é proporcionar um panorama do Geodesign no Brasil, com a apresentação de experiências em distintas localidades do país, a saber: Região Metropolitana de São Paulo, Campinas, Fortaleza, Quadrilátero Ferrífero, Pampulha e Brasília. Dessa forma, pretende-se divulgar as pesquisas realizadas até o momento por este grande grupo, colaborando, assim, para a popularização e para a ampliação do conhecimento científico no tocante ao Geodesign.

No contexto atual, é muito difícil desenvolver pesquisas individuais; os trabalhos mais robustos tendem a ser desenvolvidos por grupos de cientistas. Nesse sentido, a ferramenta GISColab, proposta por Moura e Freitas (2020), foi extremamente valiosa, dado que viabilizou a reunião e o trabalho colaborativo de diversos pesquisadores numa mesma base de mapas com informações vinculadas. No momento que os workshops de Geodesign aconteceram, no início de 2021, o trabalho remoto era o único

modelo possível para o desenvolvimento desse tipo de pesquisa, pois o país estava no auge de uma emergência sanitária em virtude da pandemia de Covid-19.

As diversas crises que o país e o mundo enfrentam trazem à tona a necessidade de lançar um olhar mais aprofundado às questões ambientais. Ilhas de Calor, ondas de frio, desequilíbrios climáticos, enchentes, poluição, desmatamento acelerado em diversas florestas brasileiras importantes, com enormes perdas de biodiversidade. Catástrofes que atingem cidades inteiras, como as que vêm ocorrendo em Petrópolis/RJ (2022), nos fazem refletir sobre a urgência de agir, trazendo soluções para o enfrentamento e para a prevenção desses problemas. O planejamento ambiental é uma importante ferramenta para a criação de cidades mais saudáveis, mais seguras e mais resilientes frente às mudanças climáticas e a outros desafios que o Brasil e o mundo estão enfrentando agora, que tendem a se intensificar.

Registramos aqui nossas saudações e nossos sinceros agradecimentos aos autores e às autoras que aceitaram o desafiante convite de contribuir com a elaboração deste *e-book*. Agradecemos, também, aos demais participantes do workshop de Geodesign da RMSP, especialmente ao Professor Doutor Paulo Renato Mesquita Pellegrino, que liderou com maestria a equipe de estudos da RMSP, sendo um importante incentivador para a publicação da presente obra.

Boa leitura!

**Amanda Lombardo Fruehauf**  
**Ashiley Adelaide Rosa**  
**Cíntia Miua Maruyama**  
**Matheus Aguiar Coelho**

# Sumário

<b>Prefácio</b>	<b>9</b>
Magda Adelaide Lombardo	
<b>Capítulo 1: O Geodesign como suporte aos valores contemporâneos em planejamento ambiental e urbano</b>	<b>13</b>
Ana Clara Mourão Moura	
Christian Rezende Freitas	
Ashiley Adelaide Rosa	
<b>Capítulo 2: Infraestrutura Verde para mitigação de Ilha de Calor e sequestro de carbono da Região Metropolitana de São Paulo</b>	<b>41</b>
Cíntia Miua Maruyama	
Amanda Lombardo Fruehauf	
Magda Adelaide Lombardo	
<b>Capítulo 3: O potencial didático do Geodesign para a análise da Região Metropolitana de Campinas/SP: uma experiência com a pós-graduação em Geografia</b>	<b>77</b>
Andréia Medinilha Pancher	
Tiago Oyan Aguiar	
Marcelo Costa	
<b>Capítulo 4: Seleção, modelagem e tratamento de dados espaciais para uso em geodesign: consumo da informação <i>web-based</i></b>	<b>101</b>
Tiago Augusto Gonçalves Mello	
Camila Fernandes de Moraes	
Ana Clara Mourão Moura	
<b>Capítulo 5: Geodesign para planejamento urbano por cocriação: os desafios da escalabilidade no ensino remoto</b>	<b>123</b>
Ana Clara Mourão Moura	
Nicole Andrade Rocha	

<b>Capítulo 6:</b> Precisão para quem precisa - Modelagem da informação aplicada à paisagem como um recurso de apoio ao Geodesign	<b>141</b>
Joana Guedes	
Newton Moura	
Emiliano Cavalcante	
Morganna Oliveira	
João Barreto	
Vitor Sampaio	
Daniel Cardoso	
<b>Capítulo 7:</b> Planejando a Infraestrutura Verde regional a partir dos processos ecológicos	<b>163</b>
Rubens do Amaral	
Maria do Carmo de Lima Bezerra	
Gustavo Macedo de Mello Baptista	
<b>Sobre as autoras e os autores</b>	<b>183</b>

## Prefácio

O livro *Geodesign no Brasil: abordagens para o planejamento ambiental urbano* apresenta aplicações do método de Geodesign no Brasil, englobando as Regiões Metropolitanas de São Paulo, Campinas, Fortaleza, Brasília, Quadrilátero Ferrífero e Pampulha, em Minas Gerais.

A elaboração do *e-book* surgiu a partir da Conferência: “*21th International Conference on Computational Science and Applications (ICCSA 2021)*”, no período de 13 a 16 de setembro de 2021, com a colaboração de Adriana Afonso Sandre, Amanda Lombardo Fruehauf, Augusto Akio Lucchezi, Ashiley Adelaide Rosa, Cíntia Miua Maruyama, Giuliano Maselli Locosseli, Leticia Figueiredo Candido, Magda Adelaide Lombardo, Matheus Aguiar Coelho, Rafael Pollastrini Murolo, Riciane Pombo, Taícia Helena Negrin Marques e Paulo Renato Mesquita Pellegrino. O trabalho apresentado foi: “*Geodesign Brazil: Trees for the Metropolitan Area of São Paulo*”, com a coordenação do Prof. Dr. Paulo Renato Mesquita Pellegrino e o apoio da Profa. Dra. Ana Clara Mourão Moura. O trabalho foi premiado com o *Best Paper Award*. Desse modo, os autores Amanda Lombardo Fruehauf, Ashiley Adelaide Rosa, Cíntia Miua Maruyama e Matheus Aguiar Coelho tiveram o incentivo para elaborar o *e-book*, tornando-se os organizadores desta obra, que tem como objetivo difundir os estudos de Geodesign no Brasil, compilando esse panorama.

É importante destacar que o trabalho foi colaborativo e virtual, com reuniões realizadas em videoconferência, fruto do período de pandemia da COVID-19. Nessas reuniões, eram debatidos novos desafios do planejamento, sendo propostas futuras alternativas para a interferência no território urbano.

O Geodesign representa uma união da Geografia com o Design (desenho) no contexto tecnológico, com a utilização, por exemplo, da plataforma brasileira GISColab e o Sistema de Informação Geográfica (SIG). Assim, o método amplia a participação dos autores de vários âmbitos com base em *workshops* virtuais ou presenciais, no ensejo de promover trocas de discussões relevantes para o replanejamento urbano.

O primeiro capítulo, intitulado “O Geodesign como suporte aos valores contemporâneos em planejamento ambiental e urbano”, discute profundas transformações ocorridas desde as origens do urbanismo, até o panorama das atuações contemporâneas, considerando-se o saneamento e o uso do solo.

A partir da década de 60 e início da década de 70, destacam-se os estudos que questionam a massificação de ideias, privilegiando visadas analíticas à complexidade e à contradição. Nesse sentido, o planejamento passa a incorporar valores culturais, dando destaque à vivência do cotidiano do cidadão. Cabe evidenciar o papel do

planejamento, caracterizado por proposta autoral. Assim, as necessidades de se incorporar valores coletivos passam a atuar desde o processo de co-criação.

Nesse cenário, o planejamento e a gestão do espaço urbano se fazem com base em duas ações: o desenho urbano e a parametrização. O Geodesign tem como base a construção coletiva de propostas para um território, em um processo de cocriação que tem como ponto de partida especificidade do lugar. Os termos “geo” (geografia) e “design” (projeto) significam “desenho” e “planejamento” de território, processo ancorado na interrelação com várias disciplinas, valendo-se dos Sistema de Informação Geográficas (SIG ou GIS), visando a explorar cenários futuros, e também do *Planning Support System* (PSS), visando a abranger atores, ações, etapas e tempo de execução, explorando os recursos de geovisualização e o acesso aos diferentes atores da sociedade. Desse modo, desenvolve-se um planejamento participativo.

O capítulo 2, intitulado ‘Infraestrutura Verde (IV) para mitigação de Ilha de Calor e sequestro de carbono da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)’, explora cenários a partir da aplicação da metodologia de Geodesign na distribuição da IV na RMSP, ordenada como um sistema de áreas verdes que compõem as Soluções baseadas na Natureza. Essas áreas verdes podem mitigar a Ilha de Calor e sequestrar parte do gás carbônico emitido localmente.

O Geodesign, com base na plataforma GisColab, foi incorporado como forma de planejar o plantio de árvores para a RMSP, assim como enquanto forma de realizar algumas previsões para a Ilha de Calor e para a floresta urbana, visando à maior qualidade de vida da população. O capítulo, nesse sentido, engloba outras tecnologias, como SIG e simulações ambientais.

Foram compostos três cenários: i) os *non adopters*, que representam as políticas atuais, ii) os *late adopters*, que decidem tardiamente agir com ações inovadoras e iii) os *early adopters*, que, desde 2020, pressupõem ações inovadoras.

O conjunto de trabalhos compilados no capítulo sobre a RMSP demonstra a estratégia do sequestro de carbono pela arborização urbana, indicando como mitigar a IC. O conceito das SbN, na qual se destaca a IV, apresenta uma alternativa para aumentar o dossel arbóreo e para aplicar juntamente com a infraestrutura cinza de mobilidade urbana.

O terceiro capítulo, intitulado “ O potencial didático do Geodesign para a análise da Região Metropolitana de Campinas/SP: uma experiência com a pós-graduação em Geografia”, destaca a importância do Geodesign como alternativa para trabalhos em grupos interdisciplinares de especialistas, de governantes e de estudantes universitários, com uma metodologia que aponta cenários para mudanças futuras, incorporando, também, os processos de negociação e de tomada de decisão.

Nesse artigo, apresenta-se uma experiência educacional que utiliza a estrutura do Geodesign como ferramenta pedagógica nas instituições de ensino. A geografia fornece uma estrutura integradora para conceitos relacionados à sobreposição de informações ambientais, combinando cenários de projetos com avaliação de impactos a partir de tecnologias digitais.

A abordagem de Geodesign foi aplicada via workshop para a Região Metropolitana de Campinas (RMC), aparentando ter importante potencial didático para os alunos de pós-graduação da UNESP de Rio Claro/ SP e da pós-graduação em Geociência, da UNICAMP.

O capítulo 4, “Seleção, modelagem e tratamento de dados espaciais para uso em geodesign: consumo da informação web-based”, discute a gestão e o uso de informações geoespaciais como suporte aos processos de tomada de decisão associados ao planejamento e ao ordenamento do território, com auxílio das políticas públicas. Essa tecnologia foi utilizada para abordar elementos, fenômenos ou processos relacionados à superfície terrestre, entremeando aspectos físicos e questões administrativas. Os dados foram organizados na forma de modelos, a saber: Modelos de representação, Modelo de processo e Modelo de avaliação, com base na plataforma brasileira GISColab, ambiente *Web-based*. As Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE) possibilitaram acesso a uma gama expressiva de dados de muitas naturezas, origens e estruturas, oportunizando novas aplicações e o cruzamento de fontes decisivas, com ampla aplicabilidade.

No capítulo 5, “Geodesign para Planejamento Urbano por cocriação: os Desafios da escalabilidade no ensino remoto”, há a remissão ao seguinte contexto: com a pandemia, o ensino no Brasil e no mundo passou a enfrentar um novo desafio, com aulas integralmente virtuais, com disciplinas cujo conteúdo programático teve de ser adaptado à nova realidade.

No curso de Arquitetura e Urbanismo, nas disciplinas de Planejamento Urbano e Territorial, o ensino a distância propiciou ensinar juntos e realizar os encontros por videoconferência. Os alunos participantes do experimento vivenciaram a aproximação entre as universidades UFMG, em Belo Horizonte, UFRRJ E UFRJ, em Seropédica e Rio de Janeiro, respectivamente, a Faculdade Metodista, em Juiz de Fora, a UNESP de Santa Catarina e a UFMA, no Maranhão. Assim, o Geodesign se mostrou uma metodologia pertinente ao ensino de planejamento urbano, permitindo discutir a adequação de processos na prática de integração de alunos de distintas universidades.

No capítulo 6, é abordado o tema “Precisão para quem precisa - modelagem da informação aplicada à paisagem como um recurso de apoio ao Geodesign”. O capítulo tematiza o Geodesign e sua produtividade em termos de colaboração e de análise propositiva entre atores envolvidos. Para a Região Metropolitana de Fortaleza, por exemplo, foram propostos incrementos exagerados de áreas verdes, ultrapassando a meta de incremento de Crédito de Carbono (CC). Para tanto, foi utilizada a informação aplicada à paisagem como método para o aumento da precisão do geodesign no desenho das áreas verdes.

Nessa senda, o capítulo ressalta a importância da abordagem resiliente como alternativa, envolvendo uma estrutura de integração social com a população no planejamento e nos processos decisórios. O planejamento resiliente envolve uma abordagem estratégica, com foco na identificação de processos e de eventos que ocorram num dado território, com informações em escalas conectadas, construindo

estratégias adaptativas. Destaca-se a importância da IV e SbN para a sustentabilidade, considerando-se as funções abióticas, bióticas e culturais.

O capítulo 7 intitula-se “Planejando a Infraestrutura Verde regional a partir dos processos ecológicos de suporte”. Discute-se o planejamento da paisagem com enfoque em relações mais equilibradas entre homem e natureza, tem sido pertinente à prevenção e à mitigação de impactos sobre os biomas e sobre a ocupação do solo. A resiliência territorial ocorre com o aumento da quantidade de árvores ao longo do território, incluindo o manejo mais propício, combinando sistemas biofísicos e sistemas construídos no design da paisagem, além de também considerar conhecimentos objetivos da localidade. Um exemplo é o Plano Piloto de Brasília, que possui quantidade expressiva de vegetação arbórea e arbustiva. Os serviços ecológicos não são obtidos apenas pela plantação de árvores. O manejo adequado das características biofísicas se faz necessário, com núcleos, corredores e trampolins ecológicos intercalados com sistemas construídos, formando Infraestruturas Verdes.

A leitura dos textos apresentados motiva a reflexão sobre um tipo de planejamento urbano calcado ações colaborativas, a fim de promover, por exemplo, a Infraestrutura Verde, o sequestro de carbono, a atenuação da Ilha de Calor, o incentivo às superfícies permeáveis, visando a um maior escoamento superficial, a busca pela resiliência urbana, envolvendo a intervenção do uso do solo.

O geodesign propicia, portanto, uma tomada de decisão cooperativa, destacando as características locais a fim de poder contribuir para tomada de decisões com base, principalmente, na sustentabilidade.

**Magda Adelaide Lombardo**

Professora Senior da ESALQ/USP,  
Pesquisadora Colaboradora do IEA/USP,  
Professora Titular da UNESP e  
Professora Dra. FFLCH/USP.

## O Geodesign como suporte aos valores contemporâneos em planejamento ambiental e urbano

Ana Clara Mourão Moura  
Christian Rezende Freitas  
Ashiley Adelaide Rosa

### Introdução

O planejamento urbano passou por significativas transformações desde as origens do urbanismo até suas atuações contemporâneas. Relativamente às origens, a disciplina urbanismo surge na revolução industrial, diante da necessidade de regular o caos aglomerativo nas cidades, com interesses de resolver os impactos mais significativos relacionados ao saneamento e ao uso do solo. As primeiras propostas do urbanismo são utópicas, pois nascem dos sonhos de idealistas que pensavam ser suficiente a proposta de um modelo para a mudança de um modo de ocupação de território (Choay, 1979). O que as primeiras ideias tinham em comum, perdurando por muito tempo até o modernismo, era o pensamento de que o planejador poderia pensar a cidade como um cosmo finito, totalmente regulável, produto de uma prancheta de desenhos. Os planos tinham delimitações de número de habitantes, de áreas a serem edificadas, de absoluto controle da distribuição das tipologias de uso... isso tanto nos desenhos de cidades ideais, como nos planos diretores de ordenamento.

Entre meados da década de 60 e início da década de 70, irão despontar estudos que questionam a linguagem universalizante, a massificação das ideias e a setorização estanque do uso do solo. Surgem críticas que defendem a complexidade e a contradição (Venturi, 1966), entendendo a essência da cidade como um potencial de convívio coletivo, de onde deveriam emanar seus valores (Jacobs, 1961), tal como um palimpsesto de muitas camadas de atividades e de recursos (Harvey, 1992). As críticas se ampliam, trazendo à discussão a importância da escuta cidadã e da inclusão de valores culturais locais, reconhecendo o papel do cidadão como parte ativa da produção da cidade.

Na história brasileira, destaca-se a publicação da Constituição de 1989, conhecida como constituição cidadã, uma vez que definia a necessidade de acordo coletivo para questões de interesses igualmente coletivos.. As intenções da Constituição se formalizam no Estatuto da Cidade, Lei 10257 de 2001, na qual são definidos os

compromissos do planejamento e da gestão de cidades, entendidas como recortes municipais, incluindo espaços rurais e urbanos. No mencionado Estatuto, são claramente definidas a necessidade de consulta popular para as tomadas de decisões, sem avançar, entretanto, na explicitação do modo como devem acontecer os processos.

Como resultado, até nos dias de hoje, ainda é comum que a inclusão da participação pública se limite a reuniões de leitura e de aprovação de propostas, sendo extremamente raros os exemplos de planejamento compartilhado. Outra limitação é a participação coletiva ser associada, apenas, à discussão dos Planos Diretores, como se estes fossem os únicos instrumentos para a garantia da qualidade de vida nas cidades, sem considerar a inclusão cidadã em projetos de desenho urbano ou de ações de outra natureza.

Sobre as condições de consideração da opinião cidadã, cabe sempre lembrar o esquema criado por Arnstein (1969) sobre a escada da participação, na qual a autora apresenta uma evolução hierárquica do processo. Segundo a pesquisadora, as etapas, indo da mais evoluída à etapa menos evoluída seriam: i) a manipulação: as atuações como manipulação e terapia; ii) os graus de figuração ou *tokenismo*: há as atuações de informação, de consulta e de apaziguamento ou de pacificação; iv) o início do poder cidadão: há as atuações através de parceria, de poder delegado e, finalmente, de poder cidadão.

Embora a autora seja muito citada como referência de reflexão sobre a evolução da participação cidadã, cabem questionamentos, pois há processos que esta vê como negativos ou atrasados e que têm a sua importância, assim como aqueles que ela vê como conquistas, embora tragam riscos. Certamente, não cabe ao poder público – cujo dever deveria ser atuar como representante da sociedade – ignorar os valores e as expectativas da sociedade, promovendo ações que façam o cidadão pensar que há participação, mas não haja. As “consultas” públicas, com os projetos já elaborados apenas para decidir entre “a” e “b”, sem a possibilidade de cocriação de novas alternativas, não são aceitáveis. Associar a distribuição da “informação” a uma fase negativa é ignorar que, para se construir uma opinião e, conseqüentemente, uma decisão, é necessário inicialmente conhecer o território, informar-se sobre características específicas, sobre limitações existentes, sobre potencialidades e sobre vulnerabilidades. O “poder delegado” é de alto risco, pois parte do princípio de que hajam grupos de cidadãos que não conseguem se representar e que precisam, portanto, ser tutelados. O “poder cidadão” excluiu a importância do conhecimento especialista na criação de opiniões e na tomada de decisões. Dessa forma, muito embora a bibliografia desperte críticas, fazendo avaliar processos, também falha nas definições de “bem” e “mal”.

Cabe discutir, também, o papel do planejador. Ele surge junto ao urbanismo, caracterizado por propostas autorais, a maioria delas fruto do posicionamento ideológico e idealista do autor. Ainda que elaboradas com alguma genialidade projetiva e com as melhores das intenções, trata-se do design de uma mente. Surgem as necessidades de incluir a condição de ir das propostas autorais à decodificação de valores coletivos (Moura, 2014; Steinitz, 2012). Ou seja, é demandada a capacidade de fazer uma leitura dos valores coletivos e um emparelhamento com o modo de pensar

de uma sociedade. A partir disso, é possível atuar em desenho urbano, associando a ação criativa a partir de um conjunto de valores, ou mesmo atuando na orquestração da construção de uma ideia coletiva, por processo de cocriação. Em nenhuma das condições se exclui o papel do conhecimento especialista, que deve ser informativo e deve dar as devidas condições de decisão à população.

Assim, o planejamento e a gestão do espaço urbano se fazem através de duas ações principais: o desenho urbano e a parametrização. O desenho urbano tem mais espaço para a atuação criativa e autoral do planejador, embora sempre parta da escuta dos valores locais. Pode também acontecer por ações de cocriação com diferentes atores, de modo que o planejador tenha sensibilidade para atuar como o maestro da orquestra. A parametrização é um acordo coletivo no qual se definem limites, indicadores, valores de referência de limites atitudinais: até onde se pode ir e o mínimo que se deve cumprir. Ele precisa estar bastante a par com os valores locais; caso contrário, não terá adesão por parte da população, que atuará na informalidade rompendo com os acordos coletivos.

O desenho urbano atua de modo pontual, tendo reduzida escala temporal e espacial. Isso significa que é feita uma intervenção cirúrgica e assertiva em um local específico, executada da maneira mais rápida possível. Como consequência, a obtenção de resultados é mais rapidamente observada. Contudo, justamente por necessitar do aporte de recursos, ele precisa ter o planejamento cirúrgico e se limitar a uma área do território. São ações pontuais que geram efeitos de irradiação de resultados.

A parametrização, por sua vez, acontece através da especificação de um conjunto de variáveis e de seus valores esperados, que apresentam um envelope esperado para a paisagem, para o uso e para a ocupação do solo, assim como para as práticas da vida urbana. A parametrização está presente em todas as normativas urbanas – inclusive no código de posturas, pois o simples exemplo de horário e de autorização para o funcionamento de determinadas atividades é uma intenção de parametrização do cotidiano urbano. São mais conhecidos os parâmetros que definem a morfologia de ocupação dos lotes, a exemplo de afastamentos mínimos, taxas de ocupação e coeficiente de aproveitamento. São definições de limites esperados para a construção do espaço individual e coletivo. A parametrização tem larga escala temporal e espacial, pois a partir dela são definidas as expectativas para uma porção da cidade ou para uma zona, e os resultados só serão obtidos ao longo do tempo, quando cada unidade executar sua transformação e a paisagem se apresentar como a soma das ações individuais.

Há autores que associam esses processos de transformação do espaço relativamente à sua distribuição em políticas e projetos (Steinitz, 2012). Outros preferem trabalhar com a ideia de entidades e ocorrências (Xavier-da-Silva, 2001). Outros, ainda, falam das condições de fixos e fluxos (Santos, 1978; Santos, 1996). O fato é que há ações cujo resultado é mais imediatamente visualizável, enquanto há outras cujo resultado depende da soma de respostas individuais. Em ambas as condições, pode-se projetar a partir da escuta cidadã, incluindo processos de cocriação, sem a redução da importância do conhecimento especialista.

Segundo Khakee (1998) há diferentes níveis e formas de envolvimento cidadão no planejamento. Isso é embasado através das seguintes correntes: Planejamento Racional-Compreensivo; Planejamento Incremental ou Incrementalismo; Planejamento Advocatício, Planejamento Orientado pela Implementação, Planejamento Estratégico, Planejamento Transativo ou Participativo, Planejamento Negociativo, e Planejamento Comunicativo.

A partir do esquema de Khakee (1998) e das discussões de outros autores, como Pressman e Wildavsky (1973), Kinyashi (2006), Oliveira (2006) e Stumptener (2020), cabe avaliar se essas correntes se aplicam ao planejamento no Brasil. O Planejamento Racional-Compreensivo foi e ainda é amplamente aplicado no Brasil, sendo conduzido seja por grupos técnicos que elaboram robustos dossiês sobre uma área, seja a partir das caracterizações, dos indicativos de vulnerabilidades e das potencialidades. Esses grupos elaboram, junto com o poder político, suas decisões. Amplos e longos diagnósticos são construídos, incluindo momentos de escuta cidadã; entretanto, ao final, o plano continua tendo caráter de processo autoral de um grupo representante.

Observa-se, também, principalmente no planejamento de áreas socialmente vulneráveis, o princípio Advocatício. O Planejamento Advocatício é muito comum nas ações junto a comunidades socialmente fragilizadas no Brasil. Nele, os técnicos acreditam que precisam atuar em nome de seus representados, chegando a construir estruturas de orientação relativas a como devem acontecer as ações, de modo que os cidadãos acreditam estar participando colaborativamente – conquanto, de fato, estejam sendo conduzidos, ainda que com o discurso das boas intenções.

Dessa forma, pode-se dizer que há sérias limitações no que tange ao termo “participação” nas práxis do planejamento no Brasil. Observa-se que, muitas vezes, o conhecimento técnico não é suficiente para que novos processos sejam implantados; por outro lado, o próprio conceito de participação é ambíguo, resultando em processos pseudo-participativos.

Ampliando esse panorama, dentre os autores que traduziram os valores do planejamento, destacam-se os princípios de Friedman e de Forester. Para Friedman (2008), o objetivo do planejador não pode se limitar a “chegar ao sim”, pois o planejamento não é necessariamente uma decisão; é, também, o ponto de partida para a construção de opiniões e de entendimentos sobre o território. Não cabe conduzir um processo apenas para obter aprovações, pois isso embora uma vitória, é, antes, uma derrota, visto resultar da falta de interesse dos cidadãos em novas experiências. Para Forester (1999), o planejamento deve poder ser um aprendizado transformador. Com isso, nem todo êxito está necessariamente associado a uma decisão, mas o resultado pode ser também a construção de uma opinião, o que é uma contribuição para a sociedade.

Assim, diante dos valores contemporâneos, a metodologia do Geodesign surge como uma possibilidade, tendo como base a construção coletiva de propostas para um território, por processos de cocriação, partindo das condições específicas de um dado lugar. Por isso, o termo *geo* (geografia), somado a *design* (projeto), significa o planejamento e o desenho territoriais com aderência às características locais.

Geodesign (design em escala geográfica) fornece uma abordagem colaborativa que busca integrar várias disciplinas, usando ferramentas analíticas e de design baseadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIG ou GIS) para ajudar a explorar cenários futuros alternativos em resposta a questões colocadas (IGC, 2021).

O Geodesign é um processo metodológico que explora as potencialidades das tecnologias geoespaciais, os Sistemas de Informações Geográficas e seus recursos *web-based*, orientando-os a processos de cocriação em planejamento compartilhado. Tem como estrutura um framework de trabalho iniciado com o consumo de dados, que logo são traduzidos em informação, gerando, posteriormente, conhecimento sobre a área de estudo. Pode ser associado a um *Planning Support System* (PSS) geográfico, um conjunto de métodos e técnicas para planejamento de processos, que indica atores, ações e tarefas, etapas e tempos de execução. Tendo base geográfica, explora recursos de geovisualização e o acesso a diferentes atores da sociedade, para que o planejamento participativo seja garantido (Dangermond, 2009; Ervin, 2011; Flaxman, 2010; Miller, 2012; Steinitz, 2012, Li et al., 2012).

Os Sistemas de Informações Geográficas representaram significativa mudança nos processos de planejamento espacial em qualquer escala, da global à local. Os SIGs surgem em 1965 como um conjunto de procedimentos para procedimentos utilizados na produção, no armazenamento e na manipulação de dados georreferenciados (Aronoff, 1989). É composto por conjunto de dados vetoriais, matriciais e alfanuméricos, assim como por um conjunto de procedimentos para manipulação dessas informações. Em seu surgimento, as discussões se concentravam em processos de captura e disponibilização de dados. Com a evolução, os interesses se voltaram para procedimentos metodológicos, como a transformação dos dados em informação, através de aplicação de modelos diagnósticos, de prognósticos e de preditivos (Xavier-da-Silva, 2001; Cowen, 1990).

Os SIGs tiveram grande avanço a partir do advento da rede mundial de computadores, quando os sistemas passaram a ser disponibilizados na web, a serem *web-based*. O consumo de dados na rede foi caracterizado pela estruturação das IDEs (Infraestruturas de Dados Espaciais), que permitem diferentes condições de acesso ao dado. Há plataformas que permitem que o usuário visualize e consulte os mapas, enquanto outras tornam possível a obtenção de dados via *download* para uso *desktop*. Outras, ainda, possibilitam a conexão do usuário e o consumo de dados via serviço, com o uso de aplicativos também *web-based*.

Com os avanços nas possibilidades de consumo da informação geográfica, os SIGs, e a partir de normativas em planejamento que instituíram que os planos precisam criar mecanismos para discutir coletivamente o futuro do território, como o planejamento inclusivo, surgem novos usos para as tecnologias de geoinformação. São criadas propostas caracterizadas como Critical GIS, Participatory GIS, Collaborative GIS e Community Integrated GIS. Em todas elas, a ideia é usar o conjunto de informações geográficas e dar acesso a diferentes usuários, embasando o planejamento ambiental e urbano. O objetivo era promover a participação pública nas políticas territoriais,

utilizando plataformas de informação geográficas, algumas delas para recolhendo e disponibilizando informação criada de forma colaborativa pelos cidadãos (VGI – Volunteered Geographic Information) (Goodchild, 2007; Elwood, 2006; Sieber, 2006; Balram, Dragicevic, 2006; Elmes et al., 2004, Wilson, 2015).

Em suma, o Geodesign vai além das possibilidades de um mapeamento colaborativo ou de um consumo de informações geográficas. Ele vai além, igualmente, da disponibilização de informações. ou de um *brainstorm* de registro de opiniões. Ele se baseia no sentido de cocriação por acesso à geovisualização, resultando em geocolaboração. Nesse sentido, ele é um conjunto de métodos caracterizado, sobretudo, por frameworks de trabalho (arcabouço metodológico) cuja estrutura principal é o consumo da informação, a elaboração de propostas para transformação do território e a negociação dessas propostas. Ele dá um passo além relativamente aos procedimentos diagnósticos, prognósticos e preditivos, aprofundando o que pode ser feito em termos de procedimentos propositivos.

### **O Geodesign como um arcabouço metodológico**

Segundo Steinitz (2012), o termo Geodesign foi inicialmente usado com esse sentido em 2008, na NCGIA “*Specialists Meeting on Spatial Concepts and GIS and Design*”, para se referir ao ato de desenhar ideias para uma área usando a informação geográfica como suporte. Miller (2012), entretanto, revela que a palavra já havia aparecido com um sentido um pouco diferente na utilização de Klaus Kunzmann (1993), no artigo “*Geodesign: chance oder gefahr?*”, para fazer referência a cenários espaciais. Outros autores defendem que o Geodesign é a continuidade e a ampliação de pensamentos inicialmente colocados por McHarg em “*Design with Nature*” (1969), que se baseava na combinação de variáveis para a elaboração de análises espaciais, indicando áreas de potencialidade e de vulnerabilidades.

Para Miller (2012), uma abordagem de Geodesign pode ser desenvolvida segundo *science-based design*, *value-based design* ou *integral or holistic design*. Segundo o princípio de *science-based design*, as propostas (criadas como entidades geográficas) respondem às informações científicas utilizadas para suas criações (informações georreferenciadas). Dentro do princípio de *value-based design*, as propostas das novas entidades geográficas (as que estão sendo projetadas) respondem aos valores sociais relevantes à sua criação, instalação ou utilização (identificados pela sua georreferência). O princípio de *integral ou holistic design* resulta em novas entidades geográficas (proposições) que respondem às definições da ciência, às definições de valores locais, mas também a questões multidisciplinares, que o autor apresenta para a solução de conflitos que possam surgir das abordagens anteriores.

Para Steinitz (2012), o framework do Geodesign cumpre três iterações, cada uma delas passando pelos mesmos seis modelos. As iterações respondem às questões que seriam “*what*” – com o objetivo de entender a área de estudo –, “*how*” – para definir e calibrar a metodologia de trabalho a partir dos primeiros testes realizados na iteração

anterior – e “*where, what, when*” – para se chegar a decisões sobre o design. Em cada iteração, por sua vez, são percorridos seis modelos, que são: a) *Representation Model* (para se apresentar dados sobre a área de estudo); b) *Process Model* (para se informar como são as ocorrências espaciais dos dados); c) *Evaluation Model* (para avaliar se área está funcionando bem, indicando áreas aptas para receberem propostas de políticas e projetos); d) *Change Model* (para serem apresentadas ideias de projetos de políticas); e) *Impact Model* (para serem avaliadas as consequências das propostas); e finalmente, f) *Decision Model* (para se negociar com os atores uma proposta de design).

Ervin (2016) também apresenta o seu framework, com ênfase em design para a arquitetura da paisagem. Para o autor, o processo é um ciclo que passa por três etapas de princípios abstratos e três etapas de princípios concretos. Contudo, o ciclo se inicia em duas etapas concretas: a) o habitar no sentido da realidade existente e b) a etapa de percepção e de mensuração da realidade existente. Então, segue para três etapas abstratas: c) análise de necessidades e definição de objetivos; d) invenção do design em resposta às necessidades de mudança; e) comunicação e representação. Finalmente, a última etapa tem caráter concreto, sendo baseada em: f) implementação e construção. Nesse sentido, o autor amplia o processo de geodesign até a fase de execução propriamente dita, embora tenha como princípios a abordagem sistêmica, o apoio em tecnologias de geoinformação, a modelagem de cenários e os processos decisoriais baseados em feedbacks.

Para Moura e Freitas (2020), o trabalho em Geodesign tem como suporte técnico o uso de uma SDI ou IDE (*Spatial Data Infrastructure* e Infraestrutura de Dados Espaciais, respectivamente) baseada na *web*, na forma de um WebGIS e com ferramentas otimizadas para darem suporte a etapas de trabalho que podem variar em função dos objetivos do estudo de caso. Os autores indicam o uso da plataforma GISColab. A plataforma foi inicialmente desenvolvida pelo grupo GE21 Geotecnologias (<https://ge21gt.com.br/>), e foi adaptada para o Geodesign, através de programação de processos e otimização de aplicações, como produto da tese e também do desenvolvimento técnico de Christian Freitas, alinhados à proposta metodológica da Profa. Ana Clara Moura.

No GISColab, como framework de trabalho proposto por Moura e Freitas (2020, 2021), mas com possíveis variações, são cumpridas as etapas de: a) Enriquecimento de Leitura (representados por anotações de alertas sobre características específicas, potencialidades e vulnerabilidades, a partir de conhecimentos prévios dos participantes ou da análise da coleção de mapas); b) Construção de Ideias (constituídas por desenhos de pontos, linhas ou polígonos com seus títulos e descrições); c) Promoção de Diálogos (para comentários dos participantes sobre todas as propostas); d) Votação (na forma de números de “*likes*” e “*dislikes*”. Associados à representação cartográfica da SDI, podem ser carregadas representações de ampliação da geovisualização, a exemplo de modelagens por *drone*. A juízo do organizador, podem ser usadas ferramentas dinâmicas de mensuração de performances para apoio ao processo, tais como gráficos de distribuição de votações, gráficos de distribuição de

ideias segundo os SDG (Objetivos do Desenvolvimento Sustentável), gráficos de mensuração de áreas índices de sequestro de carbono e número de árvores por área de recuperação proposta, dentre outros.

A proposta de Moura e Freitas (2020,2021) atinge as expectativas colocadas por Miller (2012) como desafios para novas investigações em Geodesign: a) desenvolver um entendimento de Geodesign; b) desenvolver uma tecnologia GIS centrada no design; c) aplicar o Geodesign em uma variedade de problemas de design geoespaciais; d) estabelecer a disciplina de Geodesign, tanto na prática profissional, quanto na pesquisa acadêmica. A proposta nasce da execução de mais de 40 experiências de workshops de Geodesign, em diferentes localizações, escalas e temáticas, a partir da análise de performances de participantes durante as experiências e da aplicação de questionários avaliativos. Ela tem sido aplicada em diferentes estudos de caso, com o envolvimento de setores da academia e dos profissionais de planejamento.

O GISColab foi estruturado a partir da soma de quatro componentes principais (Figura 1):

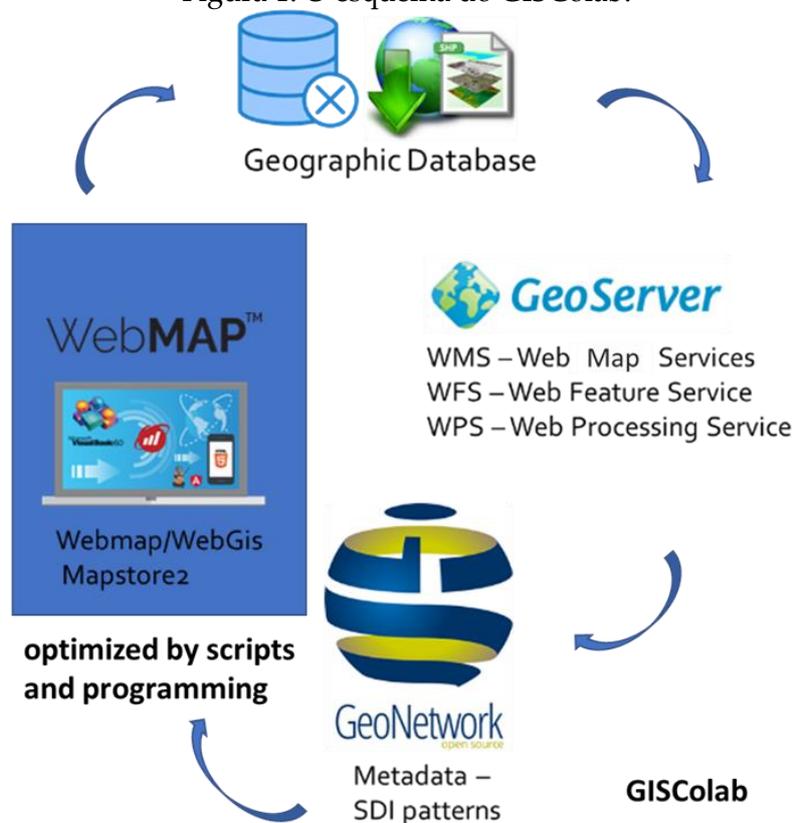
a) Base Geográfica – o conjunto de informações produzidas pode ser armazenada em formato de BDG, *Shapefile* para as informações do tipo vetorial e formato GeoTIFF para os dados *raster*.

b) Servidor de Mapas GeoServer – utilizando padrões abertos estabelecidos pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC). O Servidor de mapas é responsável por converter as informações geográficas em *webservices*, dando mais dinamismo à difusão dos dados e garantindo, assim, a interoperabilidade.

c) Catálogo de Metadados - o servidor de catálogo de metadados é responsável por documentar todas as informações produzidas e utilizadas nos processos de decisão e de análise espacial. Cumpre importante papel em formalizar e registrar o conjunto espacial que serviu de dado para a tomada de decisão, assim como em cadastrar todas as informações produzidas, a partir da leitura e da análise de informações básicas. É utilizado o GeoNetwork, um aplicativo de catálogo para gerenciar recursos espacialmente referenciados. Atualmente, é também utilizado em inúmeras iniciativas de infraestrutura de dados espaciais em todo o mundo.

d) WebMap/WebGIS - o WebGIS é responsável por permitir o resgate e a visualização das informações cadastradas no catálogo de metadados, assim como por permitir a organização das informações, de forma a oportunizar uma melhor contextualização dos dados e de seus agrupamentos. Além disso, foram desenvolvidas funcionalidades complementares, que permitem sua utilização para processo de decisão compartilhada e Geodesign. É utilizado o aplicativo Mapstore2, um software de WebGIS altamente modular, de código aberto, desenvolvido pela GeoSolutions para criar, gerenciar e compartilhar, com segurança, mapas e painéis.

Figura 1. O esquema do GISColab.



Fonte: Moura e Freitas, 2020.

É na etapa de WebMap/WebGis que se desenvolve o potencial para o Geodesign, através de otimização de processos com suporte de recursos cujos scripts foram programados para este fim. Para todos os workshops, há o uso de um caminho em comum, composto pela coleção de mapas, pelas anotações por enriquecimento de leitura, pelo desenho de propostas, pelo registro de comentários das propostas na forma de diálogos e pelas votações. Para cada workshop, podem ser desenvolvidos recursos específicos, na forma de *widgets* que dão suporte à opinião e à decisão. O processo de Geodesign é potencializado por esses recursos, resultantes de programações de scripts para cada objetivo específico.

Apresentamos a nossa proposta de como preparar e desenvolver um workshop de Geodesign, a partir das experiências realizadas.

### O preparo dos dados e a produção de informações

Para qualquer workshop de Geodesign, o primeiro passo é a clara definição dos objetivos ou da colocação do problema a ser trabalhado. Essa definição irá resultar na produção de dados, na composição das equipes e das etapas de trabalho. Uma vez definidos os objetivos, é necessário pensar nas demandas a serem atendidas segundo características principais da área, contemplando suas vulnerabilidades e potencialidades.

Para Steinitz (2021), o framework de trabalho passa por seis modelos, três deles no pré-workshop e três resultantes de atividades do workshop em si. Para o autor, a partir do problema colocado, é necessário definir os sistemas de trabalho. Os sistemas são como temas principais para os quais serão construídas propostas de políticas e projetos. Exemplos de sistemas muito utilizados nos workshops com essa metodologia são: habitação, transporte, comércio e serviços, indústria, vegetação, hidrografia, instituições, turismo e lazer, energia, dentre outros. Uma vez definidos os sistemas, os organizadores devem a) organizar a coleção de dados georreferenciados; b) transformar os dados em espacialização das ocorrências; e, finalmente, c) avaliar e indicar as áreas aptas a receberem propostas. Essas etapas constituem os modelos de representação, de processo e de avaliação, respectivamente. Para o workshop, são apresentados aos participantes os modelos de avaliação, em relação aos quais eles irão desenhar propostas (Figura 2).

Figura 2. O preparo do workshop no framework de Steinitz (2012).

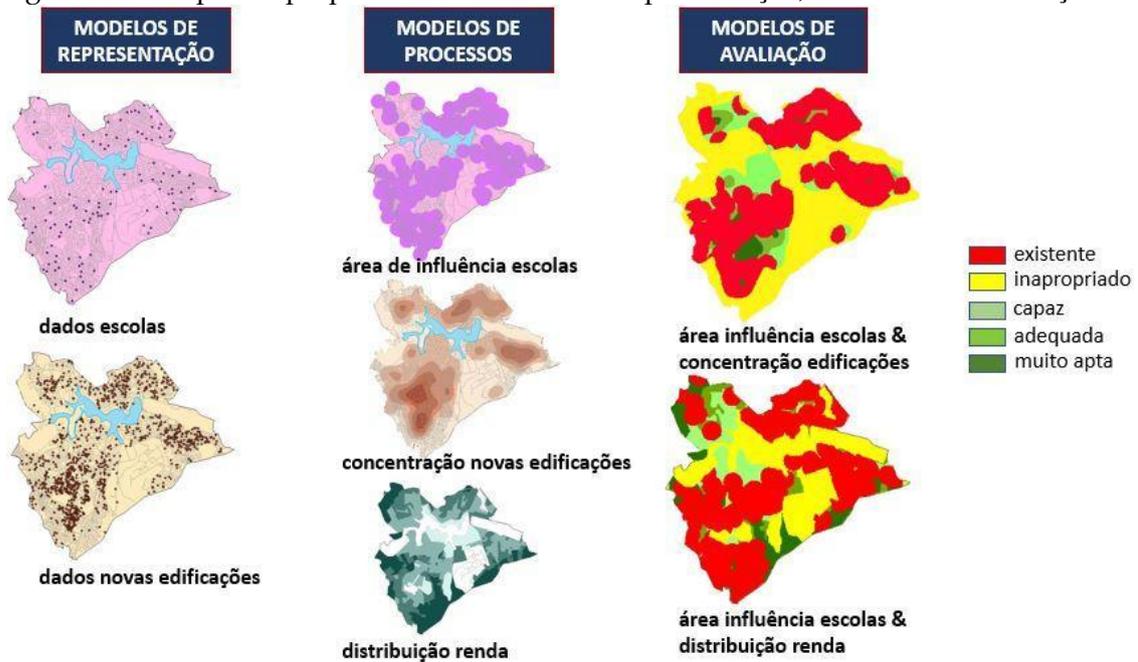


Fonte: os autores.

Cabe esclarecer as diferenças entre os três modelos citados. O Modelo de Representação apresenta, na forma de dados georreferenciados, as ocorrências no território. Como exemplo, pode-se apresentar o mapa de georreferenciamento de escolas em uma área de estudo, ou mesmo de novas edificações aprovadas (Figura 3). O Modelo de Processo indica a área de influência das ocorrências em sua distribuição espacial. No exemplo, apresenta-se a área de influência das escolas em função da capacidade de atendimento e da proximidade indicada para acesso pelos alunos (*buffer* ou área de domínio), além de ser apresentada a concentração de ocorrência de novas edificações (densidade de *Kernel*). O modelo já configura uma análise espacial, elaborada por ferramentas de geoprocessamento, de processos espaciais. (Figura 3). Já o Modelo de Avaliação é um julgamento, que sugere áreas aptas à recepção de ideias, de políticas e de projetos. Na legenda proposta por Steinitz (2012), os mapas devem indicar áreas muito aptas, áreas adequadas, áreas capazes, áreas inapropriadas e áreas onde já existem

recursos (*feasible, suitable, capable, inappropriate, existing*), que são coloridos, na legenda, em verde escuro, verde médio, verde claro, amarelo e vermelho. No exemplo, a juízo do coordenador, as áreas mais indicadas para receberem políticas e projetos para o sistema instituições podem ser aquelas com ausência de escolas e com concentração de projetos aprovados para construção de novas edificações. Contudo, outro coordenador pode defender a ideia de que as áreas mais aptas para receberem escolas são aquelas onde não há serviço e onde as rendas são mais baixas (Figura 3).

Figura 3. Exemplo de preparo dos Modelos de Representação, Processos e Avaliação.



Fonte: os autores.

Nesse sentido, nota-se que o Modelo de Avaliação é resultante de uma opinião, seja de um coordenador, de um grupo focal, ou mesmo dos participantes do workshop. Não deixa de ser, todavia, uma opinião, passível de ser questionada por algum participante, ou mesmo de sofrer mudanças em razão do modo de pensar do grupo que a elaborou. Essa é uma parte frágil do framework tradicional de Geodesign, pois apresenta-se aos participantes apenas um mapa de avaliação por sistema, sobre o qual é esperado que eles sejam capazes de desenhar ideias de políticas e de projetos para a área. Tem sido comum que participantes não se sintam confortáveis no uso dos mapas de avaliação que já pré-definem locais adequados à colocação de propostas. Como resultado, pode-se ter um participante passivo, que, sem maiores reflexões, aceita o fundo de mapa e atua apenas no intuito de cumprir tarefa; ou, ainda, de modo questionador e crítico, não concordando com o mapa de fundo e tendendo a não se envolver devidamente no processo (Moura e Freitas, 2020).

Na observância a essa crítica, o framework do GISColab não se limita a mapas de avaliação como suporte à colocação de ideias, mas apresenta toda a coleção de mapas, estruturada na forma de uma IDE – Infraestrutura de Dados Espaciais –, disponível

através de um WebGIS – coleção de dados e informações baseados na web. Na proposta do GISColab, não se definem sistemas para então se definirem mapas que irão servir para a elaboração de sínteses na forma de opiniões. Também, não se apresentam aos participantes apenas mapas resultantes de Modelos de Avaliação. É elaborada, ao contrário, uma coleção de mapas iniciais, que podem ser apresentados tanto com os dados georreferenciados, quanto com o seu desdobramento na representação de áreas de influência, de formas de distribuição ou de concentração. Isso porque se tratam de informações diferentes e pode acontecer de o participante querer analisa-las individualmente. Pode-se, também, promover sínteses de variáveis, a exemplo do Modelo de Avaliação, mas ela nunca será apresentada sem que estejam presentes os mapas que as originaram, para que o participante reflita e decida sobre seu uso ou não. Uma vez organizada a rica coleção de mapas, a juízo do coordenador, eles podem até ser organizados em pacotes, grupos de mapas análogos a sistemas, para facilitar a comparação, mas nunca apenas a síntese reduzida aos sistemas. Todo o conjunto produzido é disponibilizado no workshop (Figura 4).

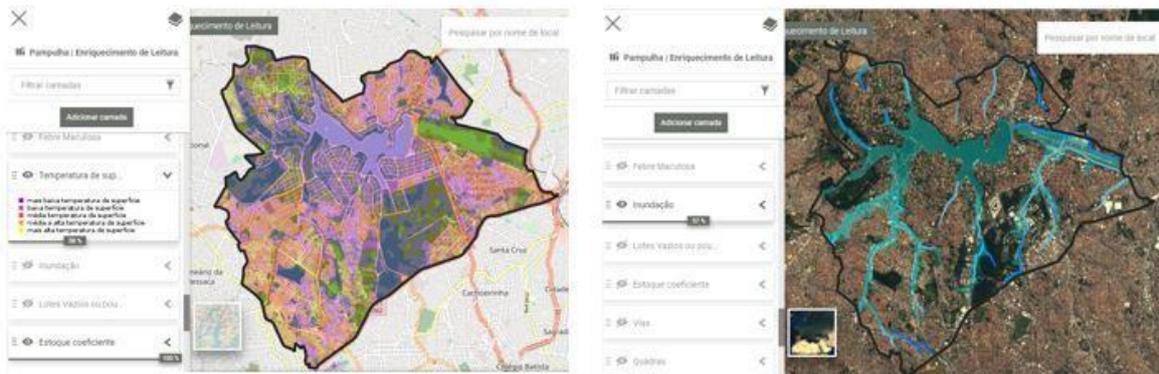
Figura 4. O preparo do workshop no GISColab.



Fonte: os autores.

O participante tem livre escolha na visualização e navegação na coleção de dados e informações. Ele pode alterar a ordem de sobreposição de camadas, a transparência entre camadas, mudar o fundo de mapa (por exemplo, entre imagens de satélite e mapas de vias), consultar os atributos alfanuméricos dos elementos. Assim, por inspeção visual e com apoio na geovisualização, ele toma a decisão sobre os lugares mais adequados para receber suas ideias para a área. O participante precisa ter comportamento ativo para decidir sobre as características da área que irão definir os lugares ótimos, ou mesmo para usar o seu conhecimento sobre o lugar e atuar sobre um fundo de imagem (Figura 5).

Figura 5. Exemplos de consulta à coleção de dados e informações no GISColab.



Fonte: os autores.

### A composição dos times de trabalho

Uma vez estruturada a coleção de dados e de informações, outro passo importante para o preparo do workshop é a definição dos atores, ou dos papéis que o participante irá representar no processo. São os chamados times, que representam grupos da sociedade, formas de pensar ou mesmo valores a serem defendidos. O modo de definição dos grupos ou times se dá segundo arranjos sociais, tarefas a serem cumpridas, estágios temporais, distribuições espaciais, comportamentos padrões, ou combinações entre eles (Figura 6).

Figura 6. Esquema de motivações para definição de grupos de atores.

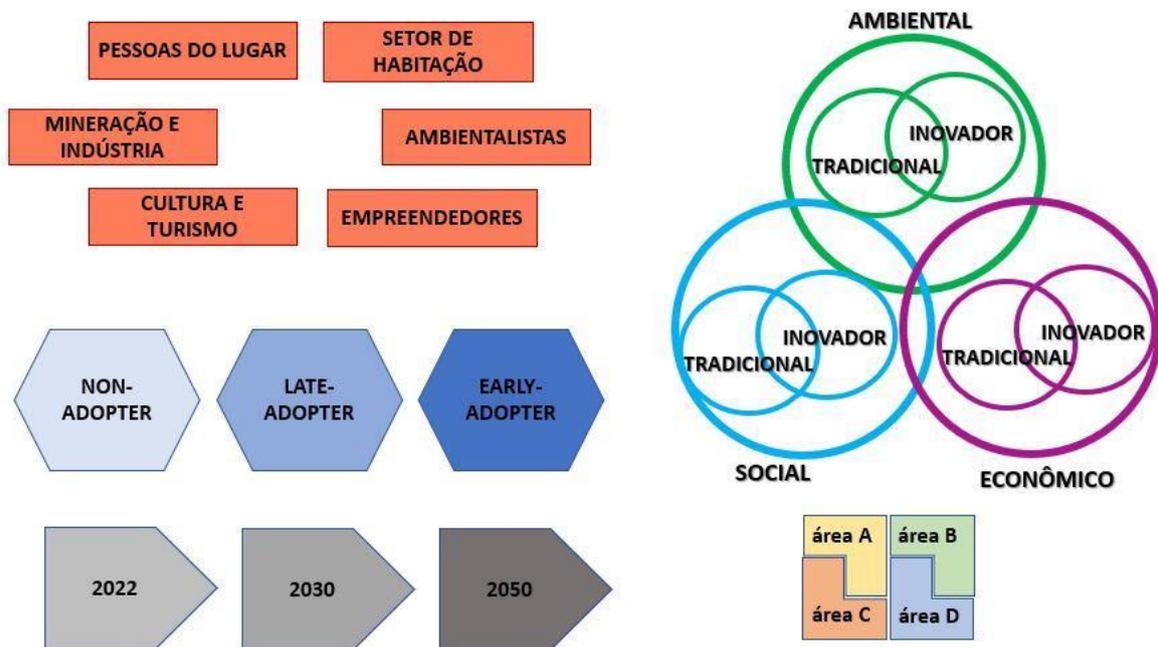


Fonte: os autores.

O coordenador do workshop pode dividir os participantes por representações existentes na sociedade, a exemplo: ambientalistas, poder público, moradores do

lugar, empresários. Também, essa divisão pode se dar segundo comportamento: tradicionais e inovadores. Alternativamente, pode se dar segundo o momento e a forma como vão ser consideradas as mudanças: *non-adopter* (não adota mudanças), *late-adopter* (demora para adotar mudanças) ou *early-adopter* (adota mudanças desde o princípio). Grupos podem ser separados segundo metas temporais: hoje, 2030 e 2050 (em função de acordos globais do clima e do desenvolvimento sustentável, por exemplo). Ou, segundo a tríade da sustentabilidade: ambiental, econômico e social. Por fim, a separação pode seguir recortes ou escalas territoriais, segundo porções da área de estudo (Figura 7). Todos esses exemplos, assim como suas combinações, foram testados por projetos conduzidos pelo *International Geodesign Collaboration* (Fisher, Orland & Steinitz, 2020, Steinitz, 2012).

Figura 7. Exemplos de composição de grupos de atores.



Fonte: os autores.

É necessário entender que um ser não tem um único valor, um único comportamento ou um único objetivo. Uma pessoa pode ser um ambientalista e, ao mesmo tempo, um empresário; em algumas situações, pode demonstrar um comportamento tradicional, em outras não. Mas, ao se definirem os times, o objetivo é garantir que os diferentes e possíveis pensamentos sejam contemplados. Com isso, pede-se ao participante que, em suas escolhas e interações com os grupos, assuma papel de ator, vestindo a camisa do time que está representando.

### As etapas de trabalho

A proposta de Steinitz (2012) para o framework do Geodesign, uma vez estruturados os três primeiros modelos e estando estes prontos para o workshop,

indica seguir mais três modelos elaborados durante o encontro. São eles: Modelo de Mudança – no qual os participantes desenham diagramas de políticas ou de projetos para a área, usando como referência o mapa de avaliação por sistema; Modelo de Impacto – no qual o aplicativo calcula se os diagramas foram colocados em lugar correto de acordo com o mapa de avaliação; e o Modelo de Decisão – quando os participantes são compostos por times e em seus reagrupamentos, para discutir, verbalmente, sobre as escolhas, chegando a um resultado (Figura 8).

Figura 8. Modelos e etapas durante o workshop, segundo o framework Steinitz (2012).



Figura 9. Composição dos times e sociograma para definição dos agrupamentos.



Fonte: os autores.

Faz parte da dinâmica de negociação a composição em times, que são reagrupados até que se chegue a um único time, conforme esquema na figura. Steinitz (2012) indica como processo de reagrupamento de times o princípio do sociograma, no qual os grupos votam se aceitam compor com os demais grupos, a partir da observação de seus designs. Eles podem indicar se aceitam, se são neutros ou se não aceitam, e a composição de novos times deve evitar colocar juntos os que registraram que não se aceitam. Isso porque o autor defende ser mais fácil negociar quando são colocados juntos aqueles que têm pensamento semelhante, evitando o confronto precipitado com

pensamentos diferentes. Ou seja, é a busca pela maximização de consenso, até que se chegar à decisão (Figura 9).

No framework que tem sido aplicado no GISColab, o Modelo de Mudança foi substituído, sendo desdobrado em três etapas: (a) Enriquecimento de Leitura; (b) Diálogos para Criação de Ideias; (c) Diálogos para elaboração de Comentário. Isso porque, antes de propor, o usuário deve fazer uma ampla leitura das características, das vulnerabilidades e das potencialidades da área, registrando anotações que ele gostaria que fossem consideradas no trabalho. O Enriquecimento de Leitura objetiva que o participante se informe sobre o estudo de caso, mas também que registre eventuais informações por ele conhecidas, embora não disponibilizadas nos dados. A etapa de Diálogos acontece com o Desenho de Ideais, registradas através de pontos, de linhas ou de polígonos, podendo empregar uma relação de cores estabelecidas pelo organizador. A etapa de Diálogos com a elaboração de Comentários objetiva que todos comentem todas as propostas, manifestando solicitações de ajustes, sugestões de mudanças e complementação das propostas. Tudo é registrado por escrito, e não apenas em discussão verbal, como acontece no framework tradicional, pois considera-se importante entender a construção do pensamento. Isso pode ser muito útil para elaboração de atas de tomadas de decisão, principalmente quando há participação por representações de setores da sociedade (Figura 10).

Nessa lógica, no GISColab, o Modelo de Impacto foi substituído por recursos de Widgets. Em lugar de avaliar se os desenhos de ideias ficaram no lugar certo, indicado pelo mapa de avaliação, o sistema apresenta recursos que informam métricas, a exemplo: percentual de incremento de áreas verdes; número de árvores que podem ser plantadas na área proposta em função das características locais; crédito de carbono obtido abaixo e acima da terra com as propostas; quantidade de propostas que atendem a cada objetivo do conjunto das ODS (Objetivos do Desenvolvimento Sustentável) e impactos negativos e positivos em relação às ODS. Para cada workshop, o coordenador pode planejar um script que resulte em mensurações de métricas, apresentadas em gráficos ou em números (Figura 10).

Finalmente, no GISColab, o Modelo de Decisão foi substituído pela possibilidade de Votação, em que se define o *“like”* ou o *“dislike”*. Os votos devem ser preferencialmente individuais, para que cada participante tenha o direito à fala, embora também possam ocorrer por representações, a critério do coordenador. Cabe destacar que, para votar, o participante tem como suporte a sobreposição do desenho das ideias a uma vasta coleção de mapas; a possibilidade de se informar mais sobre cada ideia, pois elas têm título e descrição; os comentários registrados pelos participantes para cada ideia, com a possibilidade de identificação do autor para se verificar o quanto ele conhece sobre o assunto; e, finalmente, a avaliação de performances nos widgets (Figura 10).

Figura 10. O desenvolvimento do workshop com as ferramentas do GISColab.



Fonte: os autores.

## Os produtos obtidos

Como produto obtido na etapa pré-workshop do framework de Steinitz (2012) está a coleção de mapas de avaliação que compõem os sistemas, indicando as áreas sugeridas para receberem propostas (Figura 11). Na etapa de workshop, como produto da etapa de Modelo de Decisão, são apresentados os diagramas, separados por ideias de políticas e de projetos para cada eixo de sistema (Figura 12). Como resultado da aplicação do Modelo de Impacto, são apresentados mapas que indicam se o impacto foi positivo (tons de roxo), neutro (amarelo) ou negativo (tons de laranja), justificado pela posição do desenho em posição dita como apta pelo mapa de avaliação (Figura 13). Como resultado do Modelo de Decisão, há os designs parciais, elaborados por cada time ou pelos reagrupamentos de times, até o design final (Figura 14). Há, também, a matriz de frequência, que indica quantas vezes um diagrama apareceu no conjunto de designs, o que pode ser usado como fator de decisão para inclusão no design final negociado (Figura 15). Na verdade, a negociação no processo tradicional é resultante da observação daquilo que fora mais “popular” entre os diagramas, ou seja, aquilo que mais apareceu entre os designs salvos ao longo do processo.

Figura 11. Mapas de avaliação por sistema. Fonte: os autores.

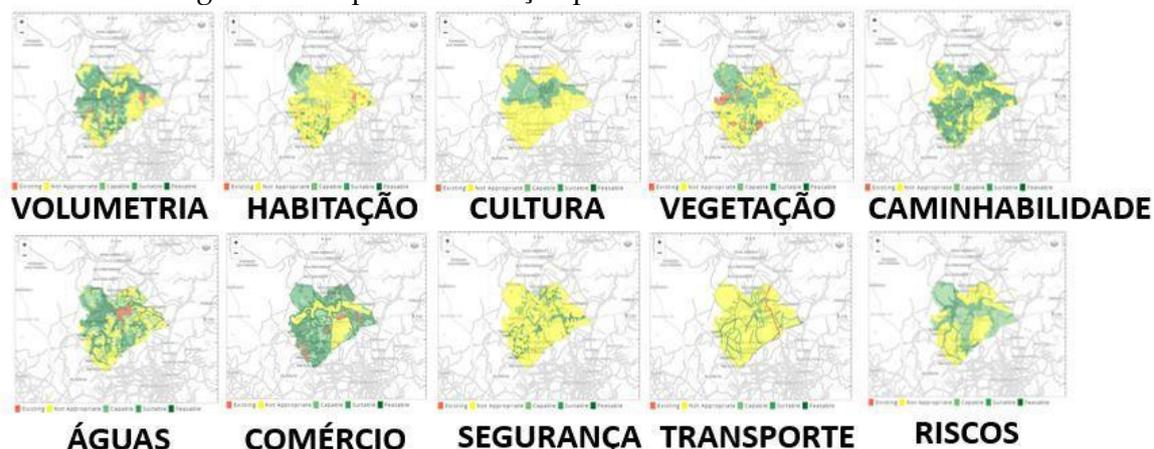


Figura 12. Diagramas elaborados por sistema.

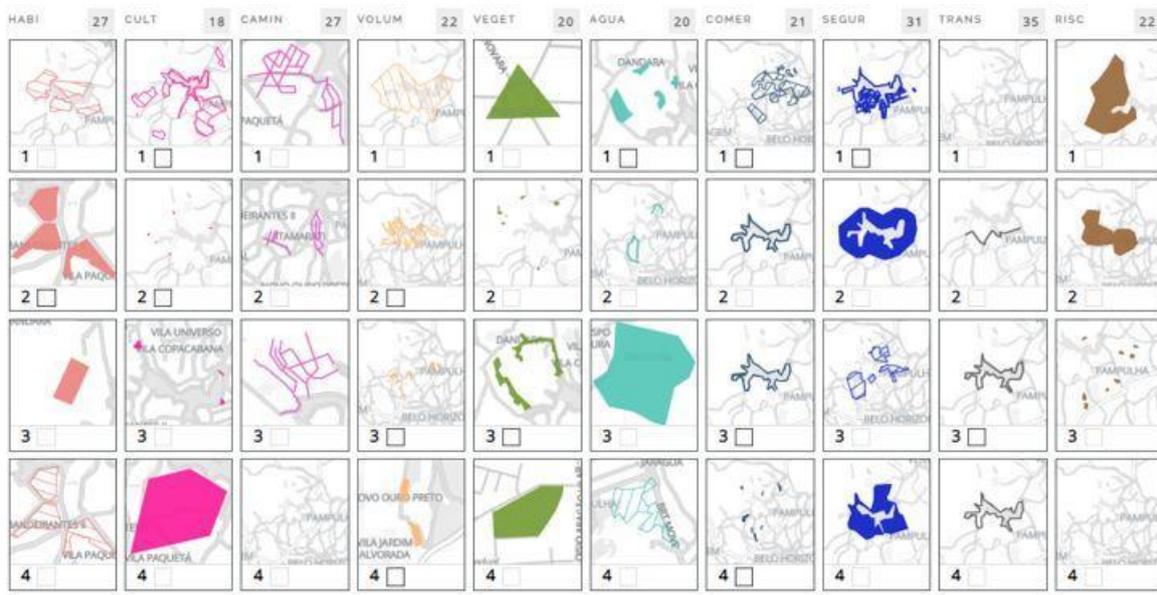
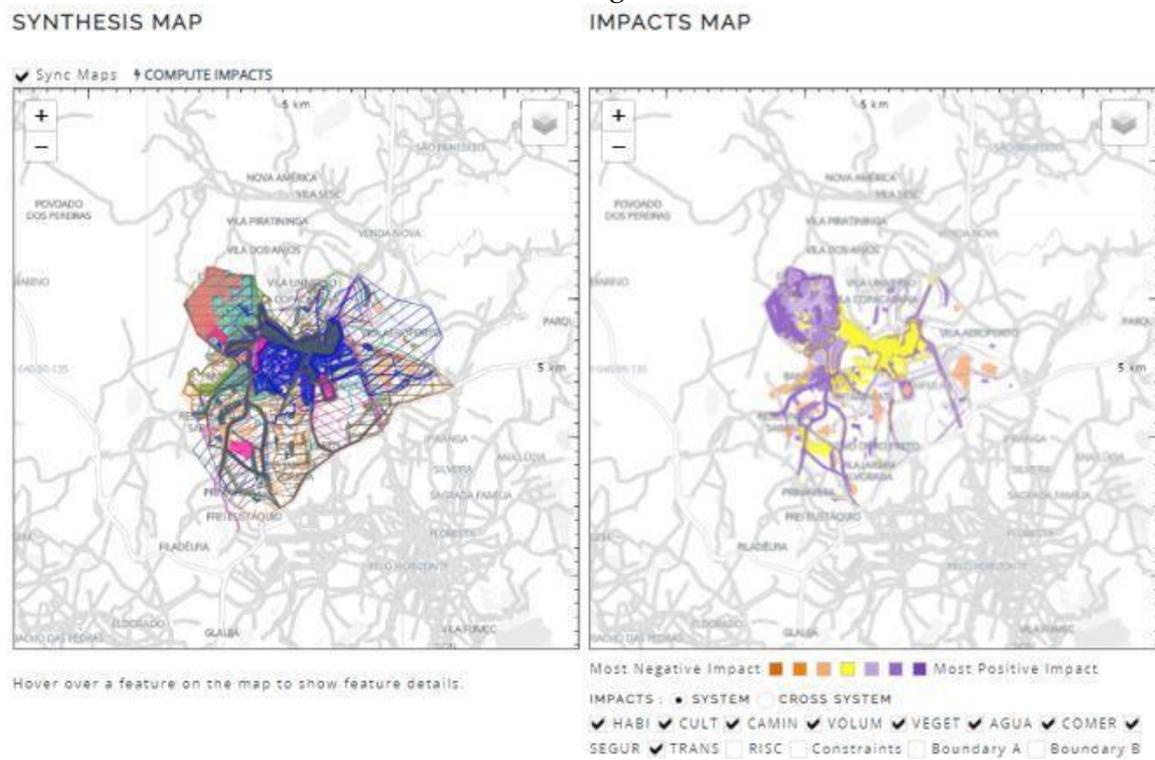
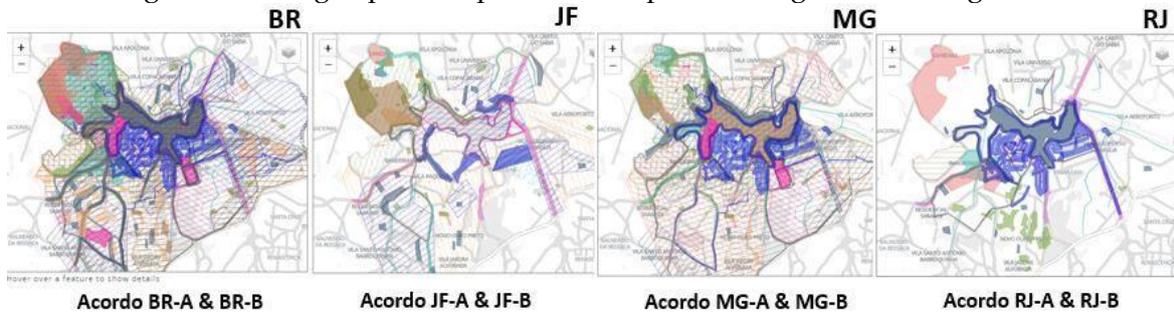


Figura 13. Modelo de Impacto avaliando a assertividade espacial dos diagramas escolhidos no design.



Fonte: os autores.

Figura 14. Designs parciais por acordos, para se chegar a um design final.



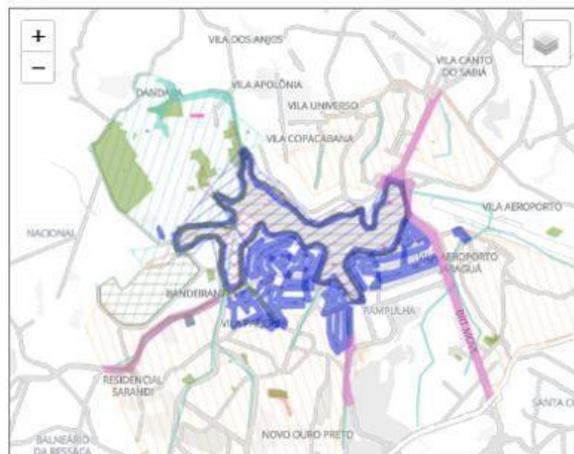
Fonte: os autores.

Figura 15. Diagrama de frequência para a contagem do número de vezes que cada diagrama apareceu nos designs.

#### DIAGRAM FREQUENCY

The grid below shows the count of the diagrams for the synthesis that are loaded.

	HABI	CULT	CAMI	VOLU	VEGE	AGUA	COME	SEGU	TRAN	RISC
1		2			1	2	2			
2	1	2		2	2	2				
3		2		1	2	2	2	1	1	1
4	1			2	1	2	2		3	
5	1		3		3	3		3		3
6	2	1		3	3	3	1	1		
7	3	2			3	2	1		1	1
8	1						3			1
9		3	3		1	2	1			2
10		1		1	1		2			
11	1	3	1						2	1
12	2					1				
13				2	4	1	2	1	2	2
14	1	3	1		1	1	2	1	2	
15	1	2		1	2					1
16		2	2		1		1	1		3
17	2	2			1		2			
18	1	1	1	1				3		



Select the frequencies to build a composite design.

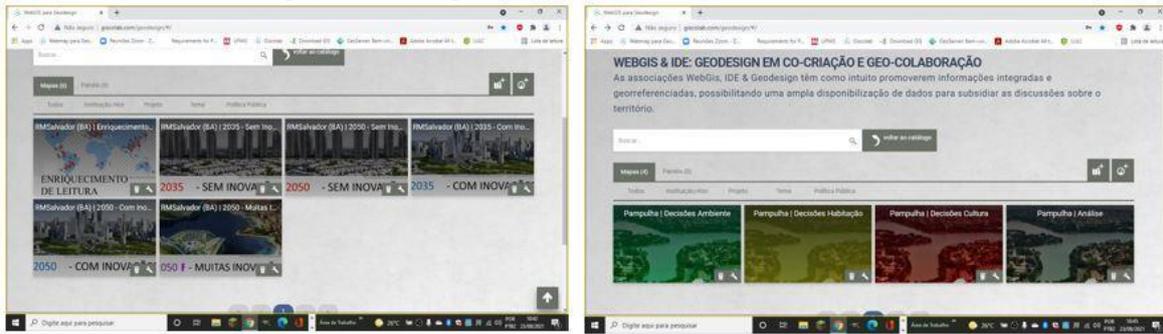
1  2  3  4

IMPORT FREQUENCY DESIGN

Fonte: os autores.

Como produtos de etapas parciais e finais no GISColab, a primeira questão que deve ser mencionada é a possibilidade de se trabalhar em Contextos. Isso significa separar as entradas das participações segundo tarefas, áreas, recortes temporais, a juízo do coordenador. Os Contextos funcionam como se fossem portas de entrada nas quais o participante se insere e, uma vez inserido, tem acesso a toda a coleção de informações do WebGIS. Pode-se propor, por exemplo, que a primeira entrada seja planejar para 2030 sem inovações, depois planejar para 2030 com inovações, e planejar para 2050 com muitas inovações, como se fosse uma sequência. Ou propor planejar para valores ambientais, culturais e habitacionais (Figura 16). A juízo do coordenador, os grupos podem trabalhar em a) cirandas, indo de um contexto para o outro, até percorrer todos; b) em paralelo, com cada grupo em um contexto; ou c) em sequência: uma vez terminado o trabalho em um contexto, desloca-se para o outro.

Figura 16. A separação das entradas em Contextos.



Fonte: os autores.

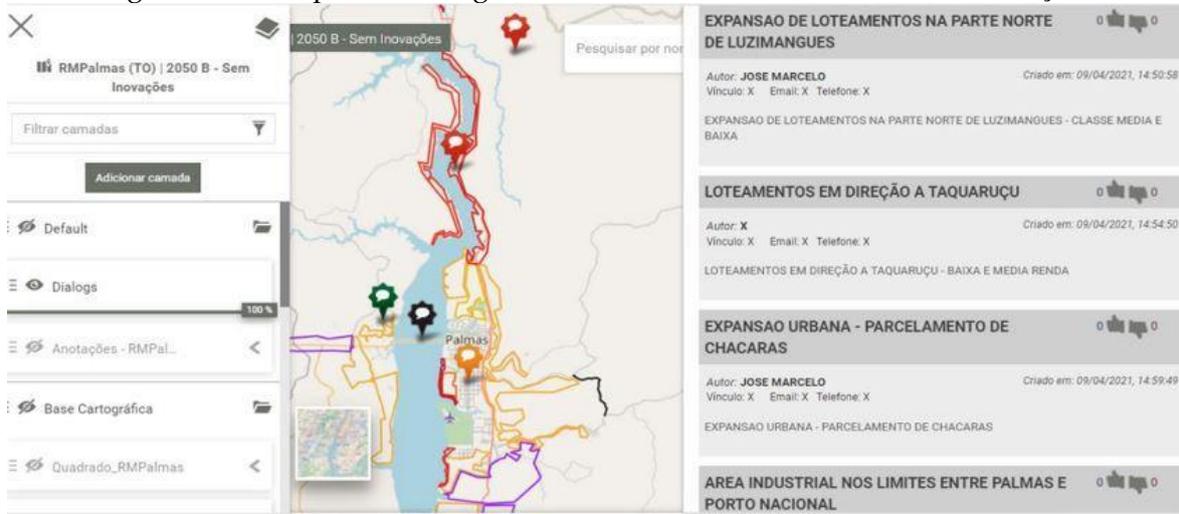
Durante o workshop, a primeira tarefa é o Enriquecimento de Leitura, sendo o produto um *brainstorm* de alertas, novas informações e destaques de interesse para o workshop (Figura 17). Depois, uma vez consultadas as anotações feitas pelos participantes, são produzidos desenhos de ideias, com o uso de pontos, de linhas ou de polígonos (Figura 18). Todas as ideias são comentadas e o resultado pode ser uma ata relativa à forma de elaboração do pensamento, por escrito (Figura 19). Os Widgets resultam em gráficos e registros numéricos de interesse (Figura 20 e 21). Finalmente, o registro de votações favorece a seleção das ideias consensuais (com maioria de votos positivos), de ideias a que cabem mais discussões (percentual de votos em faixa intermediária) e de ideias refutadas (percentual baixo de votos) (Figura 22).

Figura 17. Exemplo de Enriquecimento de Leitura, com uso de cores codificadas pelo coordenador.



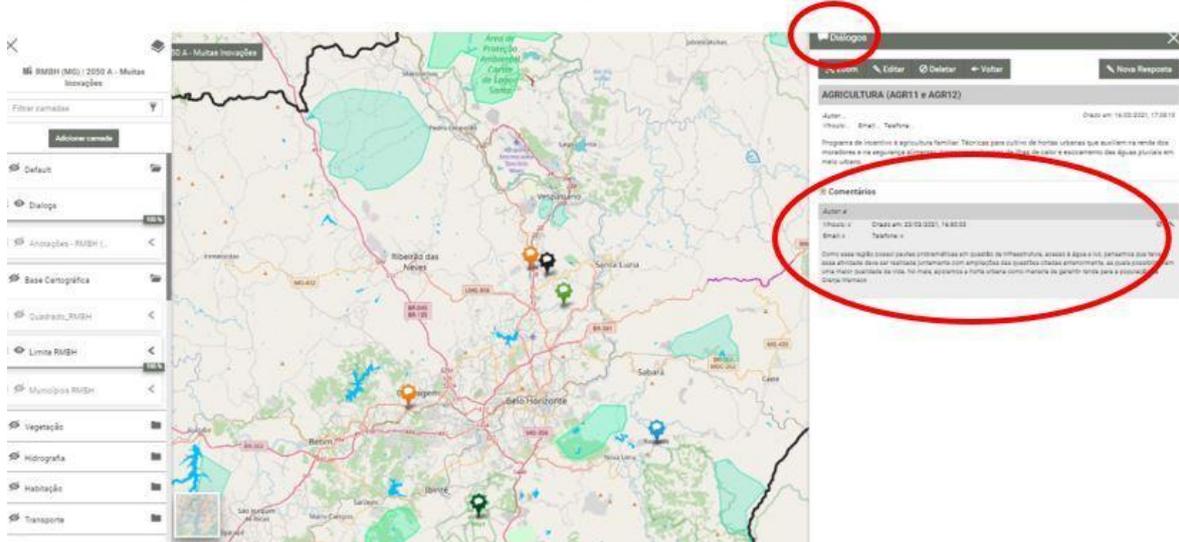
Fonte: os autores.

Figura 18. Exemplo de Diálogos – Desenho de Ideias, com título e descrição.



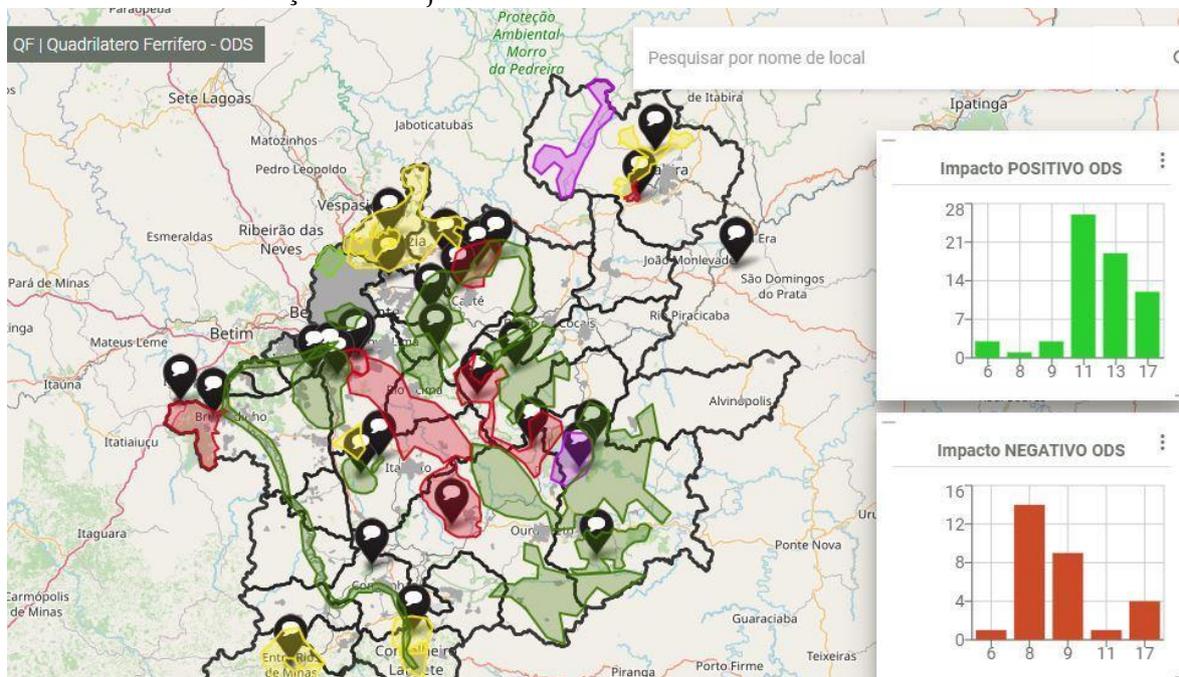
Fonte: os autores.

Figura 19. Exemplo de Diálogos – Comentários registrados.



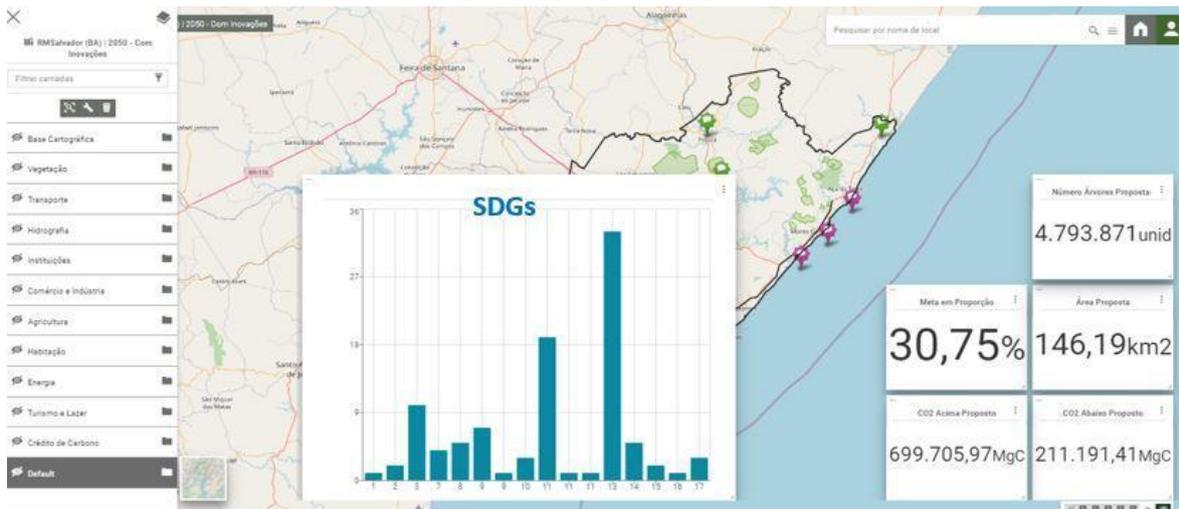
Fonte: os autores.

Figura 20. Exemplo de Widget para medição de Impactos Positivos e Impactos Negativos em relação aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.



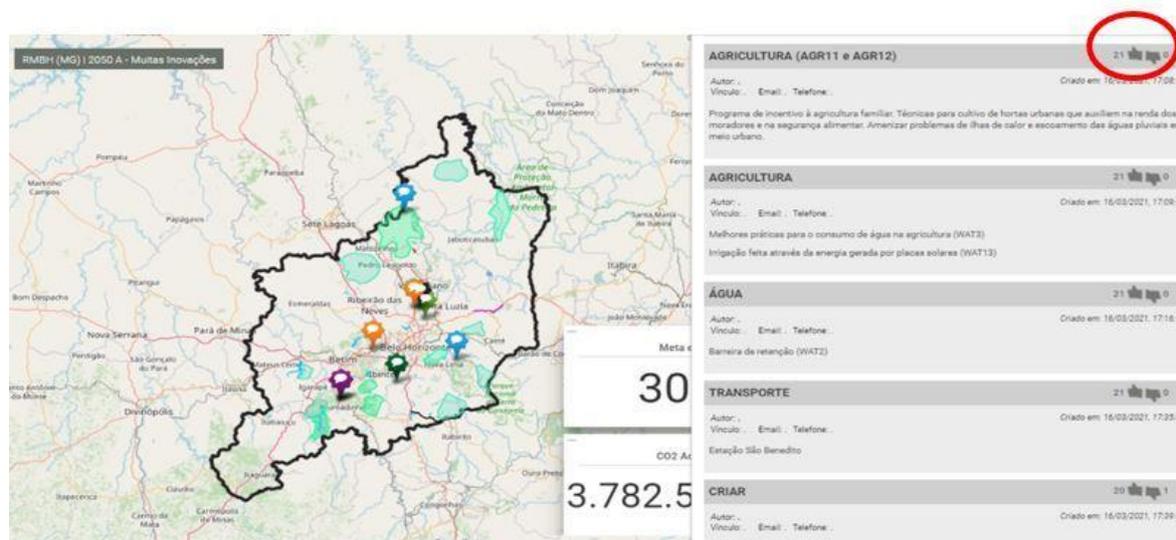
Fonte: os autores.

Figura 21. Exemplo de Widget para mensuração de quantitativo de incremento de árvores e Crédito de Carbono, e histograma de medição de atendimento aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.



Fonte: os autores.

Figura 22. Exemplo de Votação – Like ou Dislike.



Fonte: os autores.

## Discussão e conclusões

Inicialmente, cabe lembrar que o Geodesign é um framework de trabalho, um roteiro para explorar as potencialidades das tecnologias de geoinformação, sobre os Sistemas de Informações Geográficas web-based, os chamados WebGIS, como suporte a reuniões de trabalho para planejamento ambiental e urbano. O Geodesign explora as possibilidades que os novos recursos tecnológicos proporcionam, sobretudo a rede mundial de computadores, com emprego de recursos de consumo de informações geográficas, de geovisualização e de acesso a diferentes usuários.

Não se constitui como um roteiro rígido, mas sim na riqueza de poder se adaptar a cada estudo de caso. É necessário entender que cada grupo cultural, cada geografia e cada objetivo de trabalho demandam abordagens diferentes. Por esse motivo, foram apresentados, neste texto, tanto a abordagem tradicional, quanto a proposta brasileira, para que se conheçam ambas, sem juízo de valores. Ambas têm a sua importância, pois o processo tradicional, desenvolvido sobretudo por Steinitz (2012), já foi testado em expressiva quantidade de estudos de caso no mundo, resultando na criação do grupo *International Geodesign Collaboration*, que se reúne, anualmente, para discutir os experimentos realizados. Por outro lado, para enfrentar os desafios de trabalhar em um país de dimensões continentais, com enormes diferenças geográficas, de acesso a dados e de acesso a recursos, como é o caso do Brasil, é necessário ter maior flexibilidade.

Flexibilidade, escalabilidade e reprodutibilidade são palavras-chave para se implementar o Geodesign no Brasil (Moura e Freitas, 2021; Moura et al. 2021). É importante ter um conjunto de passos e de atividades a serem desenvolvidos como referência, mas é fundamental o desenvolvimento de aplicações que deem suporte às especificidades do estudo de caso. Para isso, o coordenador do workshop deve planejar

cada etapa descrita no presente artigo, realizando as necessárias adaptações e, principalmente, permitindo-se a criatividade de experimentação de processos em função da experiência frente ao grupo social e ao estudo de caso.

Defendem-se as abordagens experimentais, que devem ser realizadas com as necessárias cautelas. É indicado que se experimente o processo metodológico inicialmente com um grupo controlado, para então ampliar a sua aplicação a um grupo maior. Isso porque o planejador não pode desgastar sua relação com a comunidade, principalmente, no Brasil, em que a participação é ainda muito incipiente para correr o risco de perder o interesse por parte dos cidadãos. São desafios brasileiros a exclusão tecnológica e o analfabetismo digital, o que nos leva a adotar formas de mediação que entendemos como transitórias – pontes para chegar àqueles que ainda não têm amplo e livre acesso a recursos digitais. O que não se pode perder de vista, entretanto, é a capacidade de ser um decodificador da vontade coletiva, fazendo do Geodesign um suporte à criação de opiniões, como educação transformadora (*Transformative Learning*, segundo Forester, 1999).

Ao empregar um framework de trabalho e desenvolver recursos de suporte às decisões, é necessário lembrar as orientações de Friedman (2008) de que o objetivo do planejador não pode se limitar a “chegar ao sim”, pois o planejamento não é necessariamente uma decisão. Diferentemente, pode ser o ponto de partida para a construção de opiniões e de entendimentos sobre o território. Dessa forma, como suporte ao processo de Geodesign, as plataformas de trabalho e os processos empregados no framework precisam ser adaptáveis. As ferramentas de trabalho devem se adaptar às pessoas, e não as pessoas terem que se adaptar à ferramenta.

O GISColab não é um software, assim como não chega a ser, exatamente, um aplicativo. É um conjunto de ferramentas tecnológicas que, associadas, constituem uma plataforma de trabalho. São somados recursos de livre acesso já existentes a um roteiro, inicialmente desenvolvido pela GE21 Geotecnologias, grupo de Minas Gerais. A partir desse primeiro estudo, coube ao Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG otimizar a etapa de WebGIS por meio de scripts favorecedores dos passos metodológicos do Geodesign.

O GISColab baseia-se no OGC – *Open Geospatial Consortium* –, o que implica poder dialogar com outros aplicativos que adotem o mesmo código. Disso resulta uma plataforma web aberta baseada na interoperabilidade, ou seja, no diálogo com muitas aplicações web. Podem ser consumidos recursos gerados em outros sistemas, desde que eles estejam também disponíveis na web. Com isso, ampliam-se as possibilidades de recursos usados durante o processo, pois os procedimentos não se limitam ao próprio sistema, mas podem ser consumidos de outros aplicativos.

Tendo como palavra-chave a **adaptabilidade**, a possibilidade de criação de scripts e de oferecimento de recursos adicionais através de widgets, faz com que se possam criar aplicações de acordo com cada workshop. É neste recurso que se localiza a ampla possibilidade criativa do planejador, que deve desenvolver a capacidade de se

emparelhar com os cidadãos e decodificar caminhos que deem suporte à criação de opiniões e à tomada de decisões.

## Agradecimentos

Contribuição aos projetos CNPq 401066/2016-9 e FAPEMIG PPM-00368-18. Agradecimentos à bolsa de Doutorado CNPq por Ashiley Rosa - 141092/2021-1.

## Referências

- Arnstein, Sherry R. A ladder of citizen participation. *Journal of the American Planning Association*, v. 35, n. 4, p. 216-224, July 1969.
- Aronoff, Stan. (1989). *Geographic information systems: A management perspective*, Geocarto International, 4:4, 58, DOI: 10.1080/10106048909354237
- Balram, Shivanand; Dragicevic, Suzana. (2006). *Collaborative geographic information systems: Origins, boundaries, and structure*. Idea Group Publishing.
- Choay, Fraçoise. (1979). *O urbanismo*. São Paulo, Editora Perspectiva, 360 p.
- Cowen, David. (1990). GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? In.: Peuquet, Donna, Marble, Duane. *Introductory readings in Geographic Information Systems*. London, Taylor & Francis, pp. 52-61.
- Dangermond, Jack. (2009). *GIS: Designing our future*. ArcNews, Summer.
- Elmes, Gregory; Dougherty, Michael; Challig, Hallie; Karigomba, Wilbert; Mccusker, Brent; Weiner. (2004). Local knowledge doesn't grow on trees. In Fisher, Peter F. (ed.), *Advances in spatial data handling*. Berlin: Springer Science and Business Media, pp. 29 – 40.
- Elwood, Sarah. (2006). Beyond cooptation or resistance: Urban spatial politics, community organizations, and GIS-based spatial narratives. *Annals of the Association of American Geographers* 96/2, pp. 323–341.
- Ervin, Stephen. (2011). A system for Geodesign. Keynote. Abstract. pp. 158-167.
- Ervin, Stephen. (2016). Cybernetic design cycles. *Journal of Digital Landscape Architecture*, pp. 2-9.
- Fisher, Thomas; Orland, Brian; Steinitz, Carl. (2020). *The International Geodesign Collaboration: Changing Geography by Design*. Esri Press, 186 p.
- Flaxman, Michael. (2010). Geodesign: Fundamental Principles and Routes Forward. Talk at GeoDesign Summit. Available in: <https://www.esri.com/videos/watch?videoid=elk067YU2s8>. Access in 17/1/2019
- Forester, John. (1999). *The deliberative practitioner: encouraging participatory planning processes*. MIT Press.
- Geertman, Stan. (2008). Planning Support Systems (PSS) - a planner's perspective. In.: Brail, R. K. *Planning Support Systems for Cities and Regions*. Lincoln Institute, Cambridge, Massachusetts, pp. 213-274.

- Goodchild, Michael F. (2007). *Citizens as sensors: the world of volunteered geography*. *GeoJournal* 69, pp. 211–221.
- Harvey, David. (1992). *The Condition of Postmodernity: An Enquiry into the Origins of Cultural Change*. New Jersey, Wiley-Blackwell, 392 p.
- IGC - International Geodesign Collaboration, 2021. <https://www-igcollab.hub.arcgis.com/>
- Jacobs, Jane. (19610). *The Death and Life of Great American Cities*. New York, Random House, 458 p.
- Khakee, Abdul. (1998). Evaluation and planning: Inseparable concepts. *Town Planning Review*, 69 (4), pp. 359-374.
- Kunzmann, K. (1993). Geodesign: Chance oder Gefahr?. In *Planungskartographie und Geodesign*. Hrsg.: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung. Informationen zur Raumentwicklung, Heft 7, 1993.
- Li, Naicong; Ervin, Stephen; Flaxman, Michael; Goodchild, Michael. (2012). Design and Application of an Ontology for Geodesign. *Revue Internationale de Géomatique*, vol. 22, n. 2, pp. 145-168.
- McHarg, Ian. (1969). *Design with nature*. New York, Natural History Press. 197 p.
- Miller, William R. Introducing Geodesign: the concept. Esri Press, Redlands, 35 p (2012). Available in: <https://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/introducing-geodesign.pdf> Access in 27/11/2018.
- Moura, Ana Clara M. (2014) *Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano*. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 3ª. Edição. 286 p.
- Moura, Ana Clara M.; Freitas, Christian R. (2020). Brazilian Geodesign Platform: WebGis & SDI & Geodesign as Co-creation and Geo-Collaboration. *Lecture Notes in Computer Science*. 1ed.: Springer International Publishing, v. 12252, pp. 332-348.
- Moura, Ana C.M.; Freitas, Christian R. (2021). Scalability in the Application of Geodesign in Brazil: Expanding the Use of the Brazilian Geodesign Platform to Metropolitan Regions in Transformative-Learning Planning Sustainability 13, no. 12: 6508. <https://doi.org/10.3390/su13126508>
- Moura, Ana C.M., Camila M. Zyngier, Ítalo S. Sena, and Vanessa T. Freitas (2021). Geodesign Experiments in Areas of Social Vulnerability in the Iron Quadrangle, Minas Gerais, Brazil *Land* 10, no. 9: 958. <https://doi.org/10.3390/land10090958>
- Oliveira, José Antônio P. (2006). Desafios do planejamento em políticas públicas: diferentes visões e práticas. *Revista de Administração Pública*, v. 40, n. 2.
- Pressman, Jeffrey; Wildavsky, Aaron. (1973) *Implementation*. Berkeley, CA, University of California Press.
- Santos, Milton. (1996) *A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo. Razão e Emoção*. São Paulo: Hucitec, 260 p.
- Santos, Milton. (19780). *Por uma Geografia Nova: da crítica da geografia a geografia crítica*. São Paulo: Hucitec/Edusp, 288 p.

- Sieber, Renee. (2006). Public participation geographic information systems: A literature review and framework. *Annals of the Association of American Geographers*, 96/3, pp. 491–507.
- Steinitz, Carl. (2012). *A framework for Geodesign: changing geography by design*. Redlands, ESRI Press.
- Stumptener, Anette. E-Learning-Module: the basics of Watershed Management. Freie Universität Berlin. Disponível em: [https://www.geo.fu-berlin.de/en/v/geolearning/watershed\\_management/introduction\\_wm/natural\\_resource\\_management\\_planning/how\\_to\\_plan/planning\\_models/index.html](https://www.geo.fu-berlin.de/en/v/geolearning/watershed_management/introduction_wm/natural_resource_management_planning/how_to_plan/planning_models/index.html).
- Venturi, Robert. (1966). *Complexity and Contradiction in Architecture*. The Museum of Modern Art Press, New York, 144 p.
- Wilson, Matthew. (2015). New lines? Enacting a social history of GIS. *The Canadian Geographer*, v. 59, n. 1, p. 29-34.
- Xavier-da-Silva. Geoprocessamento para análise ambiental. Xavier-da-Silva, 2001. 228 p.



### **Infraestrutura Verde para mitigação de Ilha de Calor e sequestro de carbono da Região Metropolitana de São Paulo**

Cíntia Miua Maruyama  
Amanda Lombardo Fruehauf  
Magda Adelaide Lombardo

#### **Introdução**

Durante a Cúpula de Líderes sobre o Clima (2021), o Brasil assumiu o compromisso de tornar-se carbono neutro até 2050, antecipando em 10 anos a meta inicial proposta pelo Acordo de Paris (2015). Segundo o último informe do Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), para atingir esse objetivo e manter o aumento de temperatura do planeta em no máximo 1,5C°, serão necessárias ações ambiciosas de redução de emissões, associadas àquelas de mitigação. Enquanto as ações de redução normalmente têm um caráter estrutural, associado aos formatos de consumo e às infraestruturas que mantêm as cidades em constante funcionamento, ações de mitigação podem estar apoiadas em Soluções baseadas na Natureza (SbN), ou seja, em soluções que melhorem, restaurem áreas naturais, ou criem novos ecossistemas (Eggermont et. al, 2015).

Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), extremos de temperaturas e presença de Ilhas de Calor urbanas, com temperaturas cada vez mais díspares entre as porções mais adensadas e construídas e aquelas menos adensadas e mais verdes da metrópole, expõem uma problemática climática, em escala local. O presente capítulo explora cenários a partir da aplicação da metodologia de Geodesign, a fim de avaliar como e quanto a floresta urbana da RMSP, ordenada como um sistema de áreas verdes que compõe as SbN, pode, simultaneamente, mitigar as ilhas de calor e sequestrar parte do gás carbônico emitido localmente.

#### **Clima urbano da RMSP**

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) consiste em 39 municípios (figura 1) que, juntos, somam uma população de 20.850.000 habitantes em uma área construída de 2.707 km<sup>2</sup>. Isso torna o RMSP o maior aglomerado urbano da América Latina e Caribe



Nesse sentido, Lombardo (1990, p. 163) afirma que “a cidade constitui uma das maiores alterações da paisagem produzida através do jogo de relações de forças naturais, socioeconômicas e culturais”. Isso porque, quando uma paisagem é urbanizada, ela substitui materiais naturais por outros artificiais. Esses, por sua vez, acumulam calor, somado à impermeabilização do solo para a pavimentação das ruas que, normalmente, são de asfalto. O asfalto é um material impermeável, que aquece sob o sol muito mais do que elementos naturais, como o solo nu e as vegetações rasteiras. Mendes et al (2019) observou que, num dia quente de verão, o asfalto atingiu 65°C, enquanto a vegetação (gramíneas e folhas de árvores) ficou num intervalo muito mais fresco, entre 30 a 40°C. Na pesquisa, todas as medidas foram tomadas sob o sol e ao meio dia (MENDES et al, 2019). A temperatura mais baixa, entretanto, é apenas uma das vantagens da vegetação em relação ao asfalto. A vegetação também libera umidade ao ambiente, ajudando na redução do calor e melhorando a sensação de conforto aos moradores, haja vista terem as cidades uma baixa umidade relativa do ar.

Diante desse panorama, vêm se tornando ainda mais relevantes estudos de clima urbano relacionados às Ilhas de Calor, na medida em que há influências na economia, na qualidade de vida, na saúde pública, no conforto e no equilíbrio ambiental (DA CRUZ, 2021). Para reduzir as Ilhas de Calor, três estratégias básicas são preconizadas: plantio em larga escala de arborização, adoção de coberturas e pavimentos brandos (GARTLAND, 2010; ROSENFELD et al, 1998). Pavimentos brandos são aqueles que se mantêm mais frescos do que os tradicionais, como, por exemplo, o pavimento de concreto com alta refletância e os permeáveis (de asfalto ou concreto) (MARUYAMA, 2020). Neste capítulo, será dado enfoque ao papel da arborização na mitigação das IC.

A Floresta Urbana pode ser entendida como o conjunto de árvores encontradas em uma determinada cidade, seja em áreas públicas ou privadas, seja ao longo das calçadas, parques, praças ou em áreas de conservação e preservação peri-urbanas (KONIJNENDJIK, 2003). Seu caráter sistêmico a converte em um elemento essencial para o fornecimento de serviços ecossistêmicos relacionados à mitigação e à adaptação das cidades às mudanças climáticas. Ao mesmo tempo, as Florestas Urbanas promovem o incremento da qualidade de vida e da biodiversidade de modo sinérgico. Tais características vinculam a Floresta Urbana a conceitos bastante recentes, como as Soluções baseadas na Natureza (SbN) (CAICHE, PERES, SCHENK, 2021).

As SbN foram definidas como um guarda-chuva conceitual, que incorpora uma série de enfoques ecossistêmicos e sugere ações que devam, ao mesmo tempo, aportar à solução de problemas que afetam a sociedade, por exemplo as mudanças climáticas, e incrementar a biodiversidade, seja em áreas urbanas ou não urbanas (EC, 2015; Cohen-Shacham et al, 2016). O conceito chega ao Brasil há cerca de 5 anos. A partir de 2020, começa a ganhar bastante força, seja no âmbito acadêmico, seja na prática profissional ou, aos poucos, chegando às políticas públicas (MARQUES, RIZZI, FERRAZ, HERZOG, 2021). Atualmente, podem ser encontradas referências explícitas às SbN ou a algum dos conceitos abrangidos por ela, tais como a Infraestrutura Verde e a Adaptação baseada

em Ecossistema, em projetos e planos de ação climática para a adaptação e mitigação urbana às mudanças climáticas (MARQUES, RIZZI, FERRAZ, HERZOG, 2021).

As árvores são elementos essenciais nas Soluções baseadas na Natureza, pois promovem, simultaneamente, qualidade de vida e biodiversidade, ao mesmo tempo em que prestam serviços ecossistêmicos de mitigação e de adaptação nas cidades. Todavia, por qual motivo devemos e precisamos plantar árvores nas cidades para reduzir a temperatura? Será que simplesmente providenciar imensos parques cobertos de tapetes de grama e de vegetação rasteira já seria o suficiente para reduzir as IC? A verdade é que não.

Plantar grama não é o suficiente, se o objetivo é amenizar o calor. Isso porque, quando o dia está muito quente, as gramíneas fecham os estômatos e, assim, não liberam água. Já as folhas das árvores agem no sentido contrário: quando o sol está muito forte, elas abrem os estômatos e liberam umidade, ajudando na redução da temperatura do ar. Além disso, as árvores propiciam sombreamento aos pavimentos, aos pedestres etc., ajudando no conforto ambiental e na redução da temperatura dos pavimentos. As árvores também prestam outros serviços ambientais: colaboram na diminuição das enxurradas, pois têm um volume de folhas muito maior do que as gramíneas e outras plantas de estratos menores; e auxiliam na infiltração da água da chuva no solo, ajudando na recarga de lençóis freáticos e diminuindo o escoamento superficial (HERZOG, 2010). As árvores fornecem, ainda, outros serviços ecológicos como a captura de gases incidentes no efeito estufa, dentre outros (HERZOG, 2010; MASCARÓ & MASCARÓ, 2005). Vale destacar que a RMSP encontra-se no Bioma Mata Atlântica uma floresta tropical úmida, uma das mais ricas em biodiversidade no planeta.

Reitera-se que, juntamente com o surgimento da IC, outro ponto importante no âmbito das mudanças climáticas e cidades é a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). Estes surgem devido ao grande consumo energético urbano, que se torna o maior emissor de GEE na atmosfera global, como transporte, fábricas, iluminação e aparelhos de ar-condicionado (GRIMMOND et al, 2010).

Os materiais permeáveis permitem o acúmulo de água em suas camadas inferiores, no próprio pavimento ou no solo, sendo posteriormente evaporada para o ambiente. O processo de evaporação da água retira calor do pavimento, tornando-o brando, pois o mantém menos aquecido sob a ação do sol (GARTLAND, 2010).

Assim, é necessário que se faça um planejamento ambiental, visando a implementar a arborização urbana para a RMSP, de forma a mitigar as IC e aumentar o sequestro de carbono. Sabe-se, também, que as áreas verdes no meio urbano contribuem para a qualidade de vida da população e na redução dos impactos ambientais urbanos (SILVA, 2005).

Sendo assim, neste capítulo serão apresentadas estratégias de mitigação das ilhas de calor com florestas urbanas, salientando sua contribuição para o sequestro de carbono. O Geodesign (STEINITZ, 2012) será comentado como ferramenta útil para o planejamento do plantio de mais árvores para a RMSP e como forma de realizar algumas previsões para a ilha de calor e a floresta urbana (CANDIDO et al, 2021).

O futuro das regiões florestais foi discutido em três cenários: i) os *non adopters*, que representam as políticas atuais, ii) *late adopters*, que decidem tardiamente agir com ações inovadoras e os iii) *early adopters*, que, desde 2020, pressupõem ações inovadoras. No cenário das políticas atuais, caracterizadas como *non adopters*, a área florestal foi estimada com redução de 4% até 2050. Por outro lado, foram verificadas potencialidades de elevação da área atual em até 30% no cenário, com mais inovações – o *early adopter* (CANDIDO et al., 2021). Tal fato seria fator crucial na redução das ilhas de calor urbanas e no sequestro de carbono, trazendo mais qualidade de vida para a população e para os ecossistêmicos.

### **Floresta urbana e sequestro de carbono**

O CO<sub>2</sub> faz parte do grupo de Gases de Efeito Estufa (GEE), que têm como característica a retenção da energia emanada pelo sol. Esse mecanismo impede que uma parte da energia solar seja refletida de volta para o espaço. Além da queima dos combustíveis fósseis, dos desmatamentos, das queimadas, a agropecuária é o principal agente de emissões de GEE, tendo como consequência o aquecimento global e as mudanças climáticas. Dentre os GEE, apenas o CO<sub>2</sub> é responsável por cerca de 81% das emissões, podendo ficar ativo na atmosfera por centenas de anos (LEITE et al., 2020). Essas mudanças no clima estão associadas ao aumento na temperatura da Terra e suas consequências negativas, como eventos climáticos extremos – enchentes, tornados, furacões, ondas de calor – matam, ano a ano, milhares de pessoas e geram prejuízos materiais imensuráveis.

Outro problema que os GEE trazem para a sociedade é a má qualidade do ar, devido às altas concentrações de poluentes atmosféricos associados ao aumento do risco de doenças cardiopulmonares (LEITE et al., 2020). Logo, a promoção de estratégias para a redução dos GEE, como o sequestro de carbono, é essencial para a melhoria da saúde pública da população que vive nos grandes conglomerados urbanos, como a RMSP. Os veículos automotores são grandes responsáveis pela emissão de GEE. Para ter ideia da enorme dimensão da quantidade de veículos, apenas o município de São Paulo havia 8.761.213 veículos em 2020 (IBGE CIDADES, 2020) para uma população de cerca de 12 milhões de pessoas.

O sequestro de carbono pelas plantas promove o reflorestamento, para que, pela fotossíntese, seja absorvido o gás carbônico da atmosfera, mantendo o estoque de carbono armazenado nos vegetais. A demanda por maior uso de energia e por combustíveis fósseis tem ocorrido desde a época da Revolução Industrial, fazendo com que bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> sejam lançados na atmosfera ano a ano. O incentivo ao plantio de árvores e ao reflorestamento ajuda a mitigar as ações danosas causadas pelos desmatamentos, pelas queimadas, pelas emissões de GEE por indústrias, por veículos etc., capturando o excesso de CO<sub>2</sub> e armazenando-o na vegetação, na forma de estoque de carbono (MENDES, 2012).

Por outro lado, no meio urbano temos as florestas urbanas, que podem ser compreendidas como a somatória de todas as árvores presentes no sistema viário, os fragmentos de florestas e os parques (KONIJNENDJIK, 2003). Para aumentar o sequestro de carbono, é necessária a promoção da proteção de áreas naturais, além de ser necessário haver espaços abertos para novos plantios de árvores (CANDIDO et al, 2021).

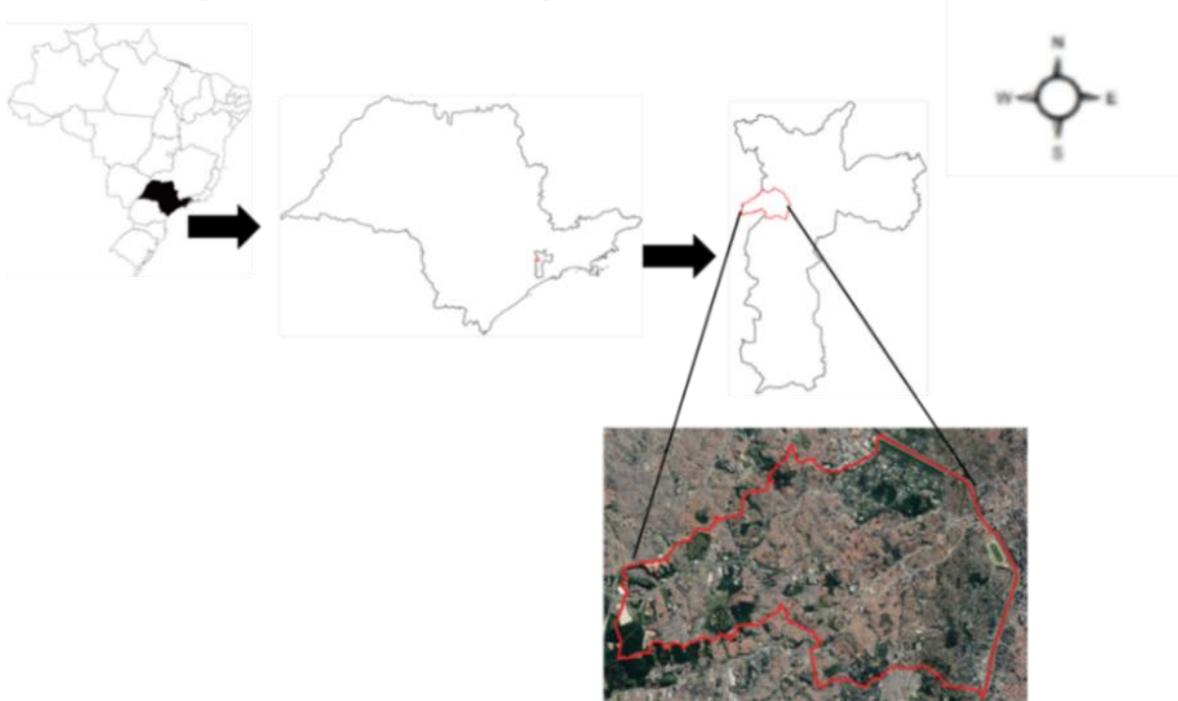
A promoção de um maior equilíbrio entre as emissões de GEE, dentre eles o CO<sub>2</sub>, e a sua mitigação pelo sequestro de carbono, depende da mudança de paradigmas enraizados nos processos históricos que conduzam a uma mudança na ocupação do solo urbano, geralmente feita de forma desordenada. Integrar a mobilidade e as habitações com a infraestrutura verde é uma alternativa. Um montante de 56% da área da RMSP é coberta por árvores (WAGNER e HIRYE, 2019), mas esta se encontra distribuída de forma heterogênea, concentrando-se em duas grandes áreas de proteção ambiental na Serra da Cantareira e na Serra do Mar (CANDIDO et al., 2021).

### **Floresta urbana para a mitigação da Ilha de Calor**

Como forma de apresentar o potencial de mitigação da Ilha de Calor proporcionado pela floresta urbana, apresentaremos dois estudos realizados no município de São Paulo. O primeiro, na subprefeitura do Butantã; o segundo, no entorno do Parque da Luz, área central da cidade.

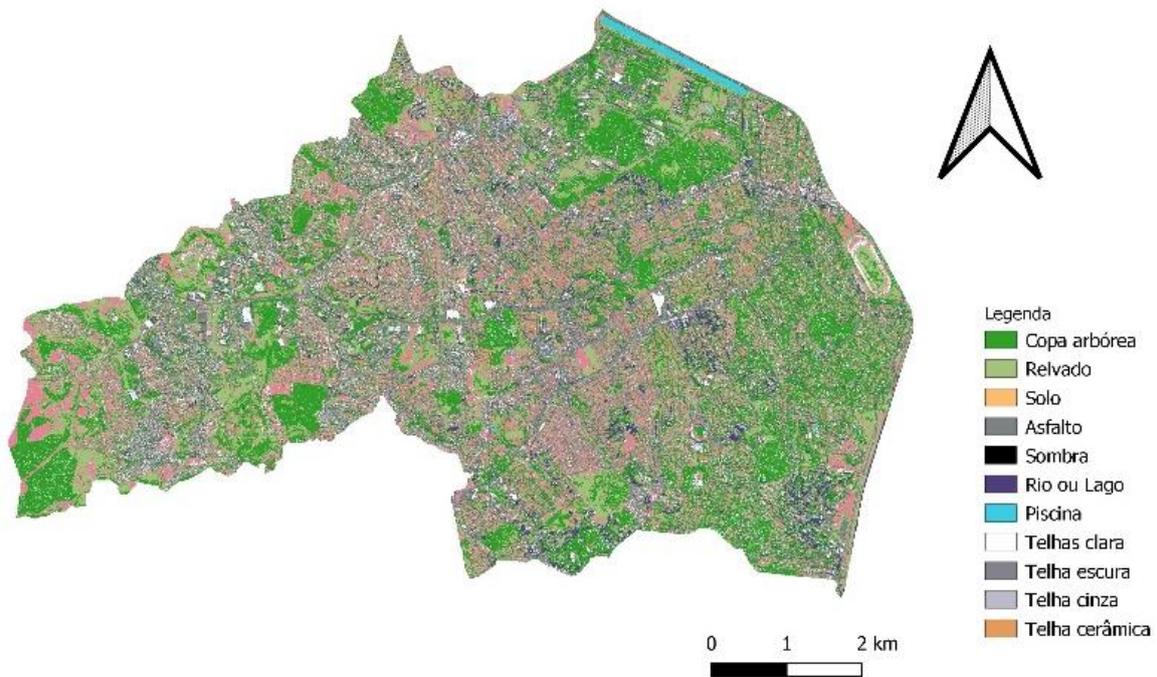
Uma pesquisa realizada na subprefeitura Butantã (Figura 2) em São Paulo/SP realizou análises com base em mapeamentos de geotecnologias, no uso e na ocupação do solo, no campo térmico e no Índice de Vegetação (FRUEHAUF; PELLEGRINO; LOMBARDO, 2021). Como procedimento metodológico, fez-se uma análise temporal da paisagem, visualizando o uso do solo nos anos de 2002, de 2010 e de 2016, utilizando imagens de satélite de alta resolução de dois metros e, posteriormente, uma tabela de porcentagem de cada uso do solo (Tabela 1), a fim de verificar a dinâmica da urbanização ao longo dos anos. O mapa da versão de 2002 (Figura 3) teve como base a imagem do satélite IKONOS. Para o mapa do ano de 2010 (Figura 4), foi utilizada a ortofoto digital com infravermelho. Para o mapa de 2016 (Figura 5), foram realizadas imagens do satélite WorldView-2. No processamento das imagens, foi utilizado o filtro Kuwahara. Posteriormente, foi realizada a classificação supervisionada por meio do software *Quantum GIS* (QGIS), versão 2.18.24, com as seguintes classes de uso da terra: copas de árvore, relvado e gramínea, solo exposto, asfalto, sombra, rio e lago, piscina, telha clara, telha escura, telha cinza, telha cerâmica. Foi aplicada a estatística Kappa para calcular a acurácia das classificações. Na figura 2, temos a ilustração da subprefeitura do Butantã-SP. As figuras 6, 7 e 8 mostram a evolução da Temperatura de Superfície Terrestre, com a de 2002 a 2016. No ano de 2016, observa-se um grande aumento na temperatura de superfície, com altas temperaturas da faixa vermelha dominando quase toda a área de estudo.

Figura 2: Localização da Subprefeitura do Butantã, São Paulo, SP.



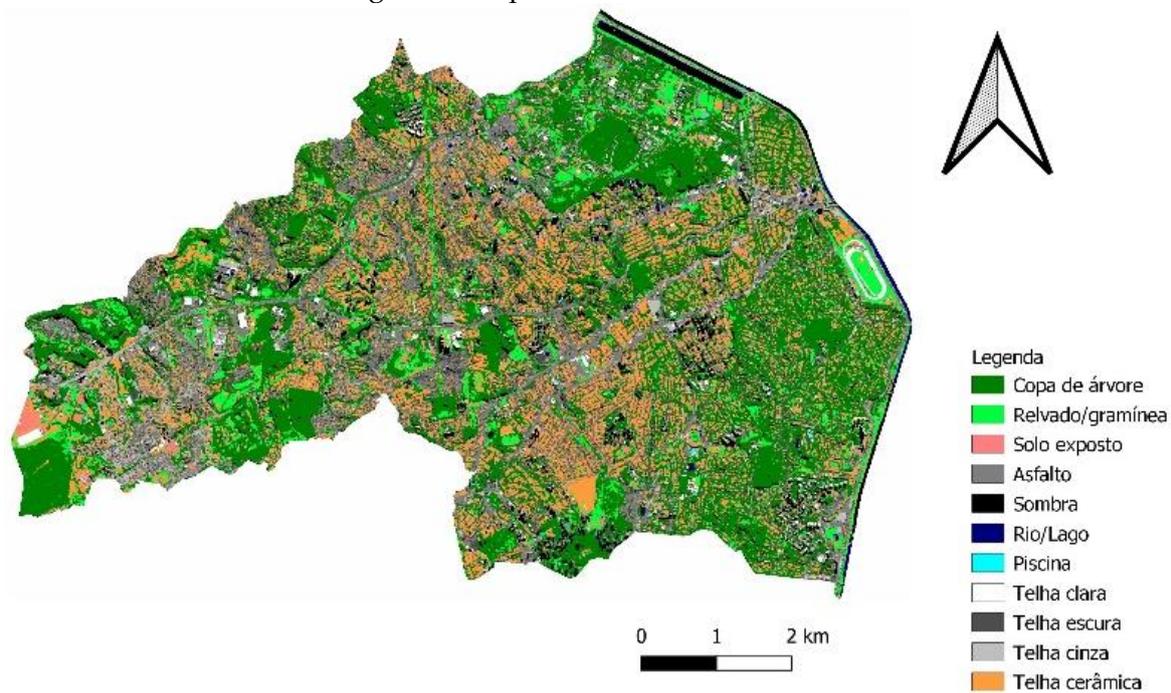
Fonte: Fruehauf, Pellegrino, Lombardo, 2021.

Figura 3: Mapa do uso do solo de 2002



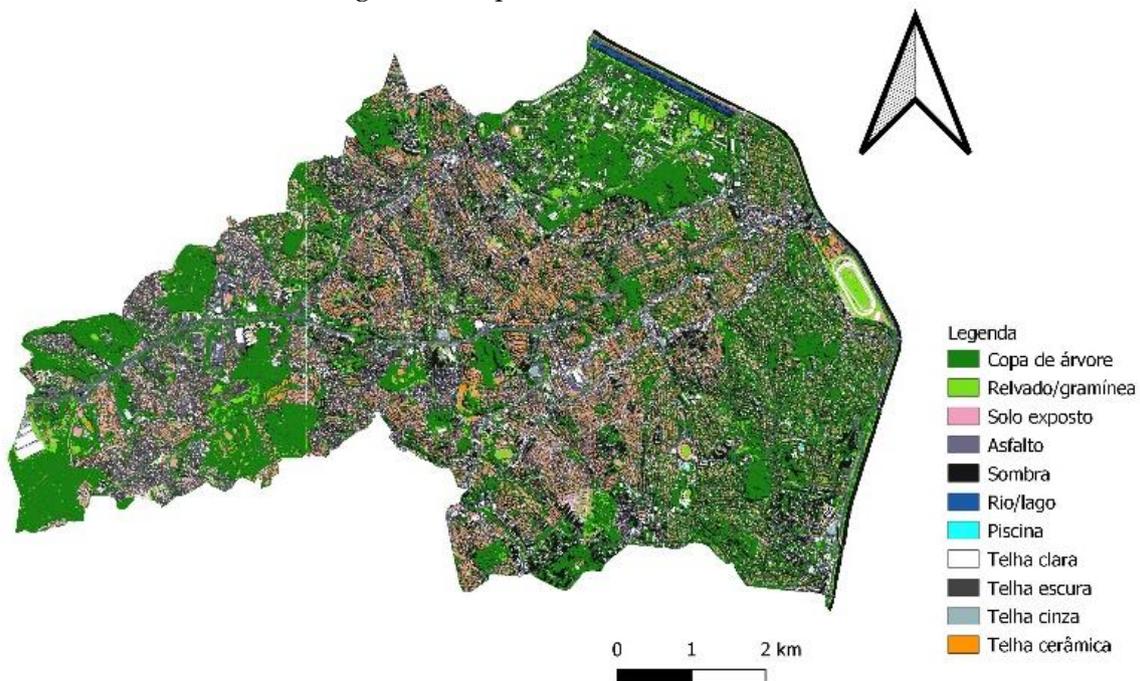
Fonte: Fruehauf, Pellegrino, Lombardo, 2021.

Figura 4: Mapa do uso do solo de 2010



Fonte: Fruehauf, Pellegrino, Lombardo, 2021.

Figura 5: Mapa do uso do solo de 2016

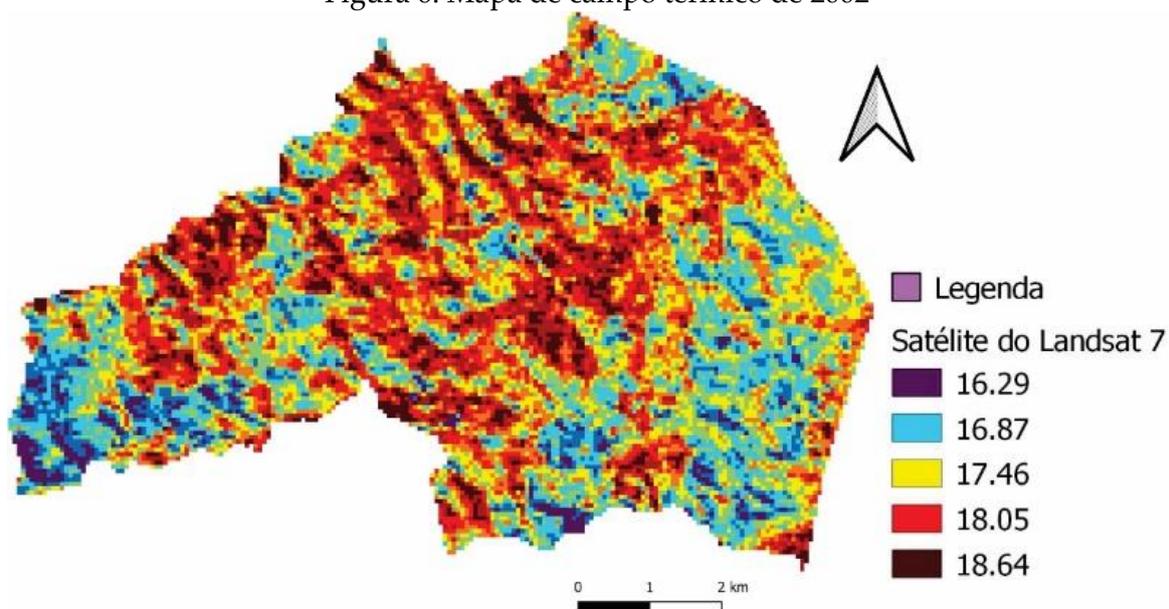


Fonte: Fruehauf, Pellegrino, Lombardo, 2021.

Tabela 1: Porcentagem de cada uso da terra classificado da Subprefeitura do Butantã dos anos de 2002, 2010 e 2016

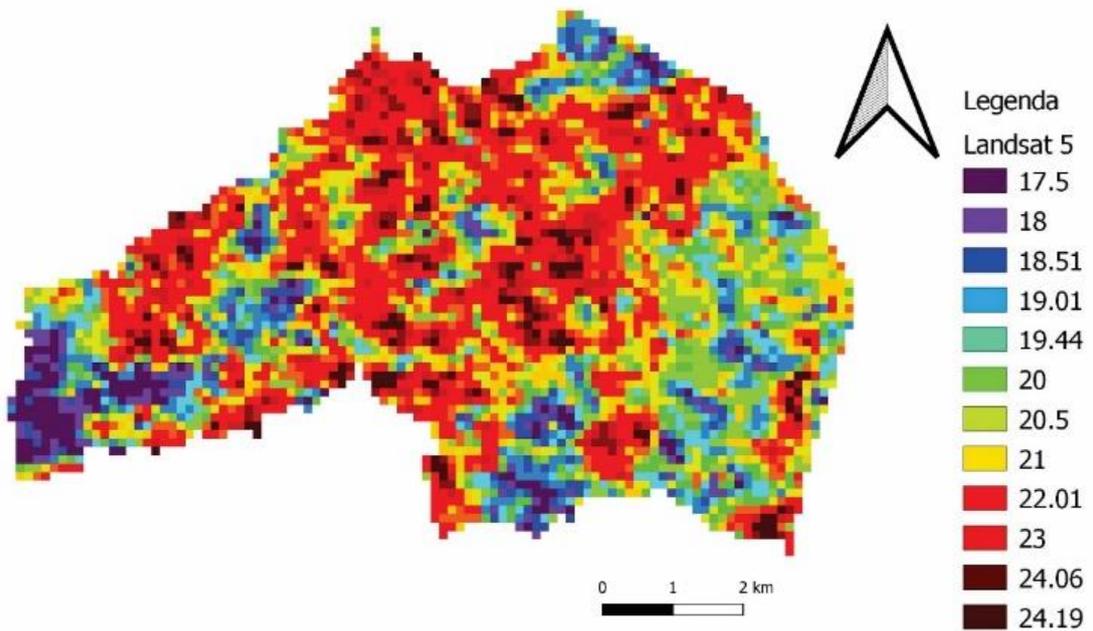
	Ano de 2002	Ano de 2010	Ano de 2016
Classes	Porcentagem (%)	Porcentagem (%)	Porcentagem (%)
Copa de árvore	29,3	34,4	33,0
Relvado/gramínea	18,6	7,2	5,0
Solo exposto	16,7	0,9	8,2
Asfalto	16,7	17,3	14,3
Sombra	0,0	5,8	5,2
Rio/lago	5,3	0,6	16
Piscina	0,9	0	0,2
Telha clara	5,7	1,6	1,5
Telha escura	0,8	9,4	11,6
Telha cinza	3,8	4,1	0,9
Telha cerâmica	2,3	18,4	4,3

Figura 6: Mapa de campo térmico de 2002



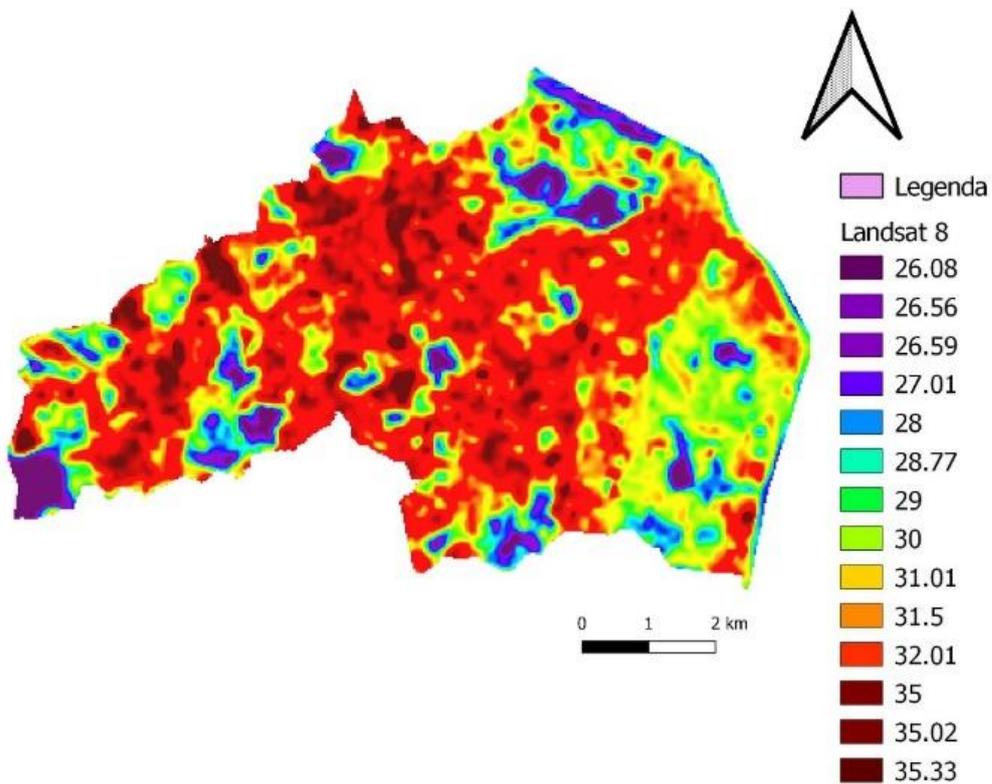
Fonte: Fruehauf, Pellegrino, Lombardo, 2021.

Figura 7: Mapas de campo térmico de 2010



Fonte: Fruehauf, Pellegrino, Lombardo, 2021.

Figura 8: Mapa de campo térmico de 2016

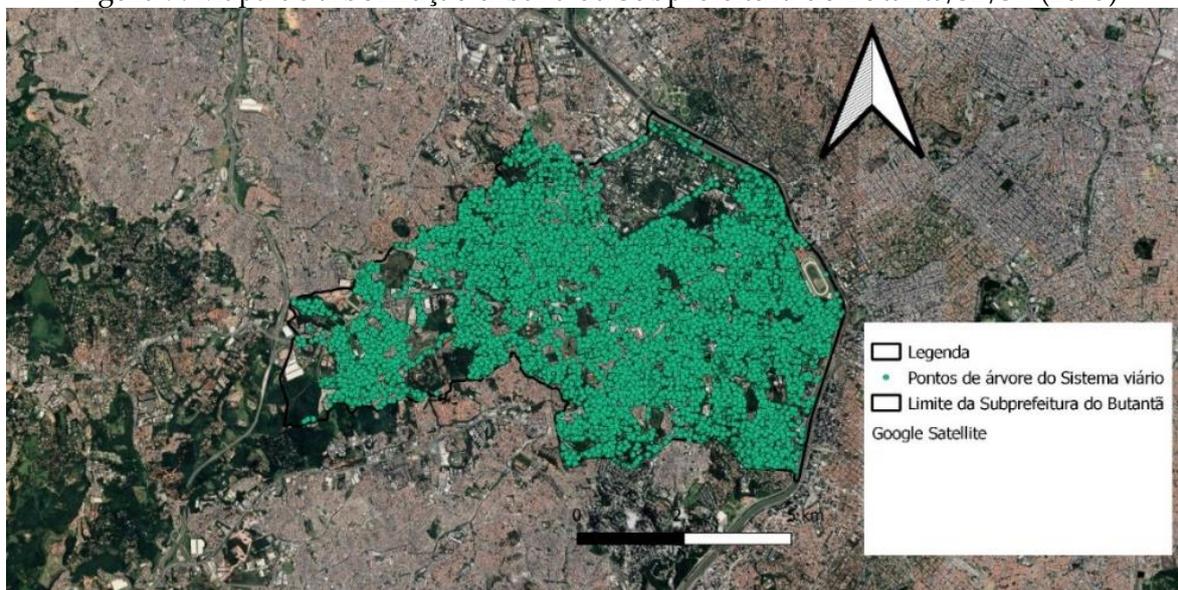


Fonte: Fruehauf, Pellegrino, Lombardo, 2021.

Além de um levantamento da Infraestrutura Verde (IV) com ênfase na arborização urbana (Figura 9) a partir de dados do Geosampa de 2013, com a base do Google Earth, com o uso do SIG, para verificar a realidade da Subprefeitura do Butantã, obtendo 49.216 pontos de verde, cada um representando uma árvore. Posteriormente, foi feita a proposta de ampliar a IV. Assim, verificou-se o ganho em arborização urbana, a mitigação da ilha de calor e, conseqüentemente, uma melhora na qualidade ambiental urbana.

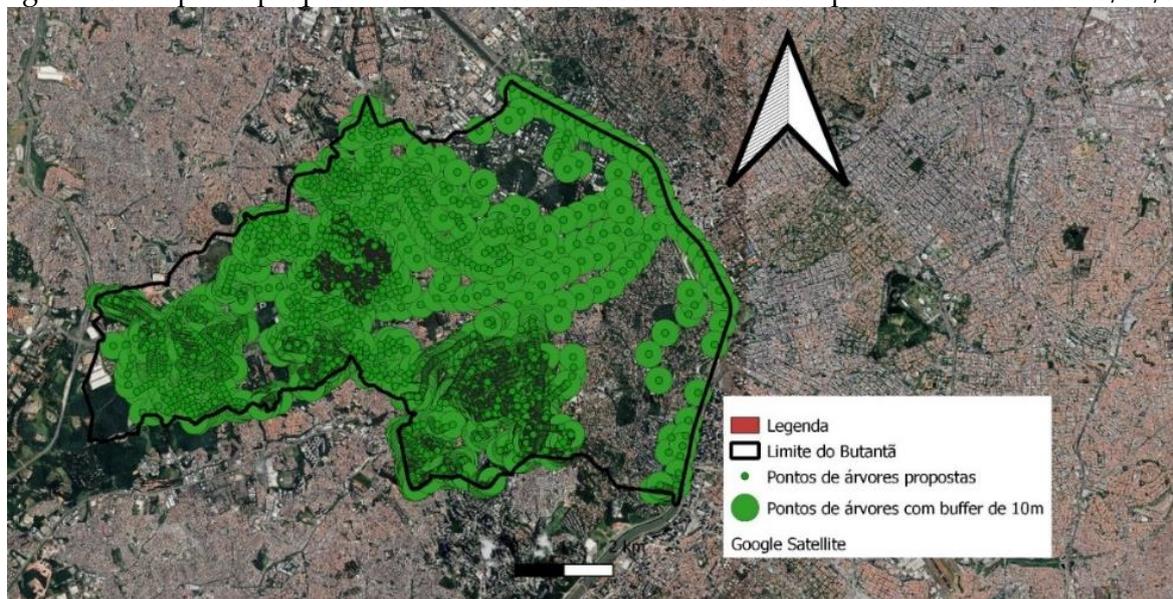
Com esse mapa, obtiveram-se 5253 pontos que representam as árvores. Estes pontos foram divididos pelo *buffer* de 10 metros, representando diâmetro do dossel arbóreo, resultando em 309,02 metros quadrados (Figura 10). Obteve-se a área total de todo o dossel arbóreo de 1,62 km quadrados. Foi feita, então, uma proposta de aumento da quantidade de árvores (Figura 8).

Figura 9: Mapa de arborização urbana da Subprefeitura do Butantã/SP/SP (2013)



Fonte: Geosampa (2013).

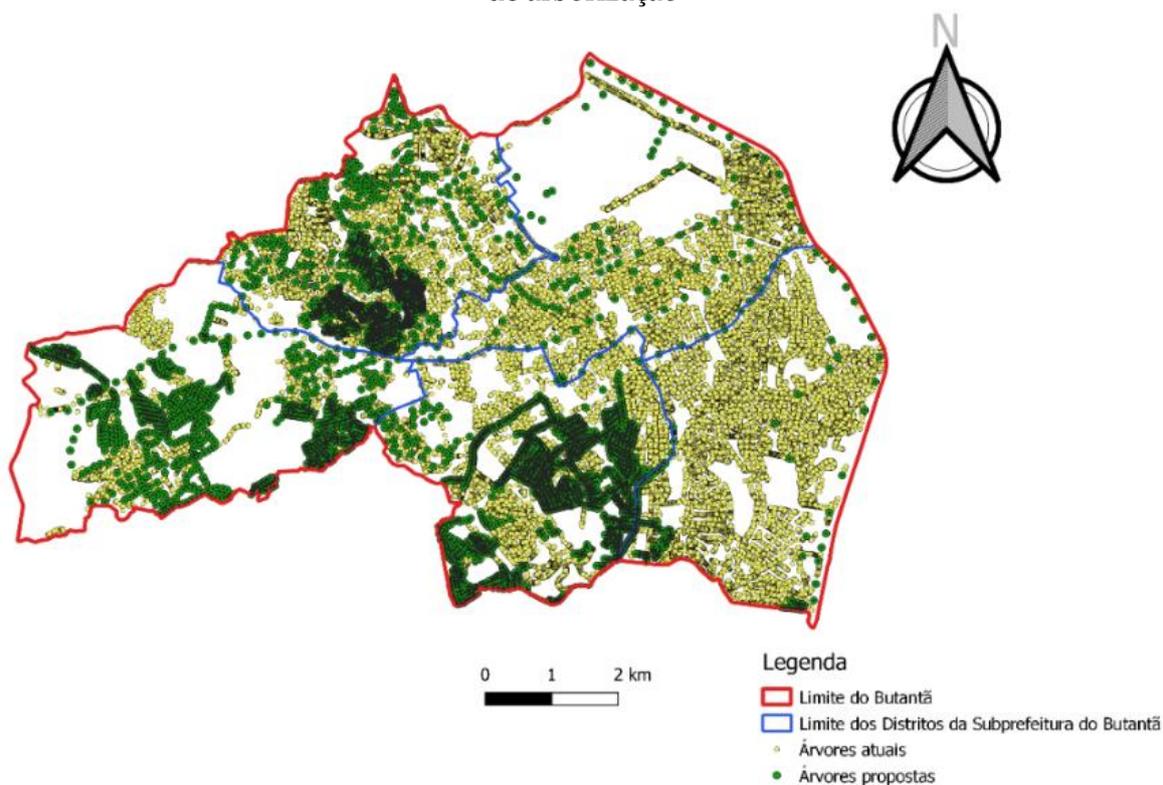
Figura 10: Mapa de proposta de aumento do dossel arbóreo Subprefeitura do Butantã/SP/SP



Fonte: Fruehauf, Pellegrino, Lombardo, 2021.

Por fim, foi realizada uma intersecção entre o mapa de arborização e o mapa de proposta de arborização, criando um mapa de visualização do ganho da IV, com ênfase na arborização urbana na Subprefeitura do Butantã (Figura 11).

Figura 11: Mapa de intersecção, entre mapa de arborização de 2013 com o mapa de proposta de arborização



Fonte: Fruehauf, Pellegrino, Lombardo, 2021.

Pode-se visualizar o ganho da IV com ênfase na arborização urbana viária na Subprefeitura do Butantã, obtendo um total de 54.469 árvores mapeadas.

Assim, a Subprefeitura do Butantã, em 2013, possuía 33% de copas de árvore. Com a proposta de implementar o dossel arbóreo, aumentaria-se em 3% a área verde, totalizando 36% de Infraestrutura Verde com ênfase na cobertura arbórea. Isso representaria uma amenização de 1,5°C na temperatura do ar (Tabela 2).

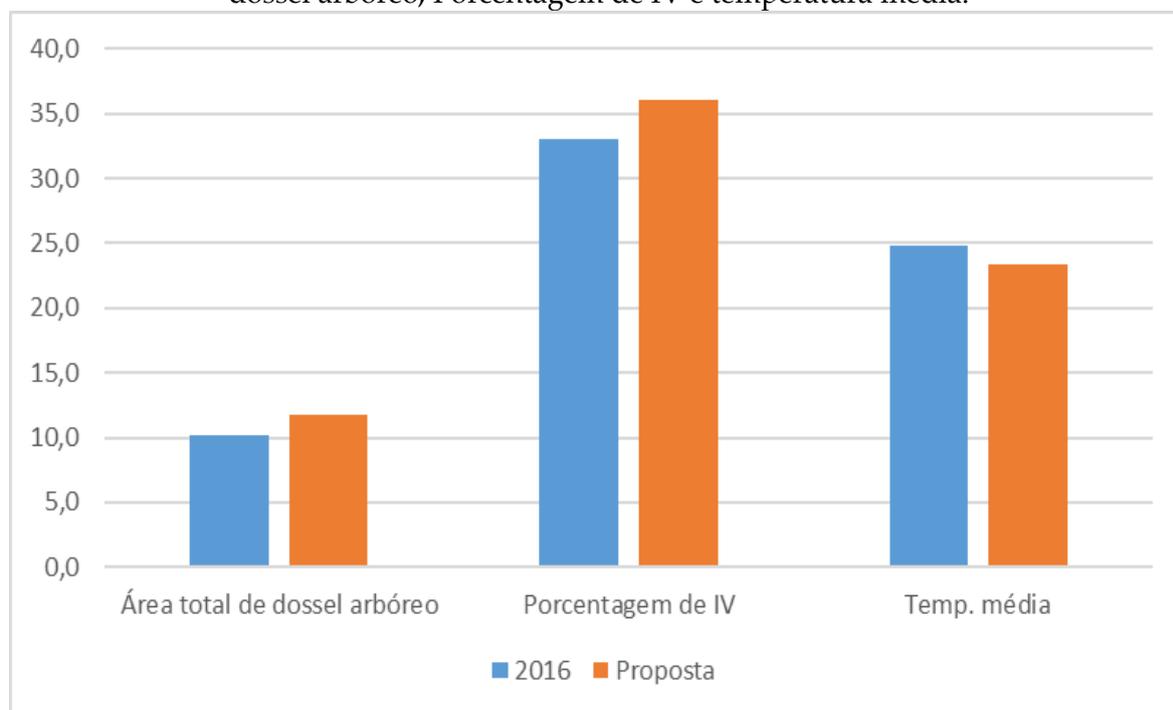
Tabela 2: Situação da Subprefeitura do Butantã em área total de dossel arbóreo, porcentagem de Infraestrutura Verde e Temperatura média em 2013 e a mudança com a proposta de implementar o dossel arbóreo.

Período	Área total de dossel arbóreo	Porcentagem de IV	Temp. média do ar
2013	10,18 km <sup>2</sup>	33%	24.86°C
Proposta	11,80 km <sup>2</sup>	36%	23.36°C

Fonte: Fruehauf, Pellegrino, Lombardo, 2021

A fim de melhor visualizar o ganho da Infraestrutura Verde na área de estudo, foi feito um gráfico de barras relacionando os dados da tabela 5 (Figura 12).

Figura 12: Gráfico de barras, mostrando o ganho da Infraestrutura Verde, em área total de dossel arbóreo, Porcentagem de IV e temperatura média.



Fonte: Fruehauf, Pellegrino, Lombardo, 2021

A implementação da Infraestrutura Verde nas cidades contribui para beneficiar o clima urbano, destacando a mitigação de poluição do ar, a mitigação dos efeitos da Ilha de Calor, a redução de transporte particular (carros), a melhoria dos recursos

hidrológicos, a ampliação de oportunidades alternativas de recreio e lazer sustentável, o fornecimento de alimento, a criação de hortas urbanas, a redução da utilização de ar condicionado e, portanto, de energia e a redução da erosão do solo, promovendo conectividade entre os habitats (SAMORA-ARVELA et al. 2016).

Segundo Silva Filho e Tosetti (2010), a infraestrutura verde traz diversos benefícios para uma “Megacidade” como São Paulo, como diminuição do dióxido de carbono, da poluição sonora e da amplitude térmica. Promove, também, uma melhoria na saúde dos habitantes que vivem próximos às áreas verdes.

Assim, é importante quantificar as áreas verdes, com destaque às árvores da cidade – a floresta urbana, pois essa demonstra a qualidade ambiental urbana (MELAZO, p. 25, 2008).

Recomenda-se, além de quantificar a cobertura arbórea da área urbana, a implementação da Infraestrutura Verde nas cidades, destacando uma variedade de espécies arbóreas, de médio a grande porte, criando um grande dossel arbóreo, com a atenção ao local de plantio das espécies, para que não haja conflito com as outras infraestruturas da cidade, como as redes de água, esgoto e os edifícios, sempre atentando para a sua manutenção (FRUEHAUF; PELLEGRINO; LOMBARDO, 2021).

Programas de simulação ambiental como o ENVI-met têm sido utilizados por diversos pesquisadores a fim de estudar as influências climáticas das alterações feitas pelo Homem nos ambientes externos, tanto no Brasil quanto no exterior, com cenários ambientais diversos. Um estudo observou que a redução de 25% de arborização de uma praça e a substituição dos pisos de cor clara para asfalto (escuro) implicaram aumento da temperatura do ar, de 0,5°C, além da redução da umidade relativa do ar (MENDES et al., 2015). Duarte (2015) analisou cenários idealizados com diferentes distribuições de verde, mas com a mesma densidade construída para uma área na capital paulistana, (b) um parque com 1ha com árvores numa área central, (c) a mesma área verde distribuída em pequenos parques, (d) a mesma área de vegetação, agora distribuída ao longo da arborização ao longo das vias nas quadras. O cenário (d) foi o que apresentou os melhores resultados, tanto em distribuição com efeito oásis, com dispersão mais homogênea de temperatura, quanto em redução de temperatura do ar, de até 0,6°C em relação ao cenário original (simulação no verão, em fevereiro, às 15h00). Esse estudo mostra a importância da arborização viária para a atenuação de temperaturas, tendo uma potencialidade maior do que parques isolados em refrescar o ar nas cidades, criando condições de conforto térmico aos pedestres.

Outros estudos estrangeiros também mostram o potencial da floresta urbana no arrefecimento da temperatura do ar e na mitigação das IC. Em Hong Kong, com uma população de 7 milhões de habitantes, o programa ENVI-met foi utilizado para realizar simulações com diferentes alturas de prédios e estratégias de arborização. O trabalho concluiu que uma ocupação de 33% das árvores em relação ao espaço urbano traz uma atenuação de 1°C na temperatura do ar. Por outro lado, um aumento de 16% de arborização reduziria a temperatura em 0,4°C; uma elevação de 56% na floresta urbana faria com que a temperatura do ar ficasse 1,8°C mais baixa (NG et al., 2012b). Em

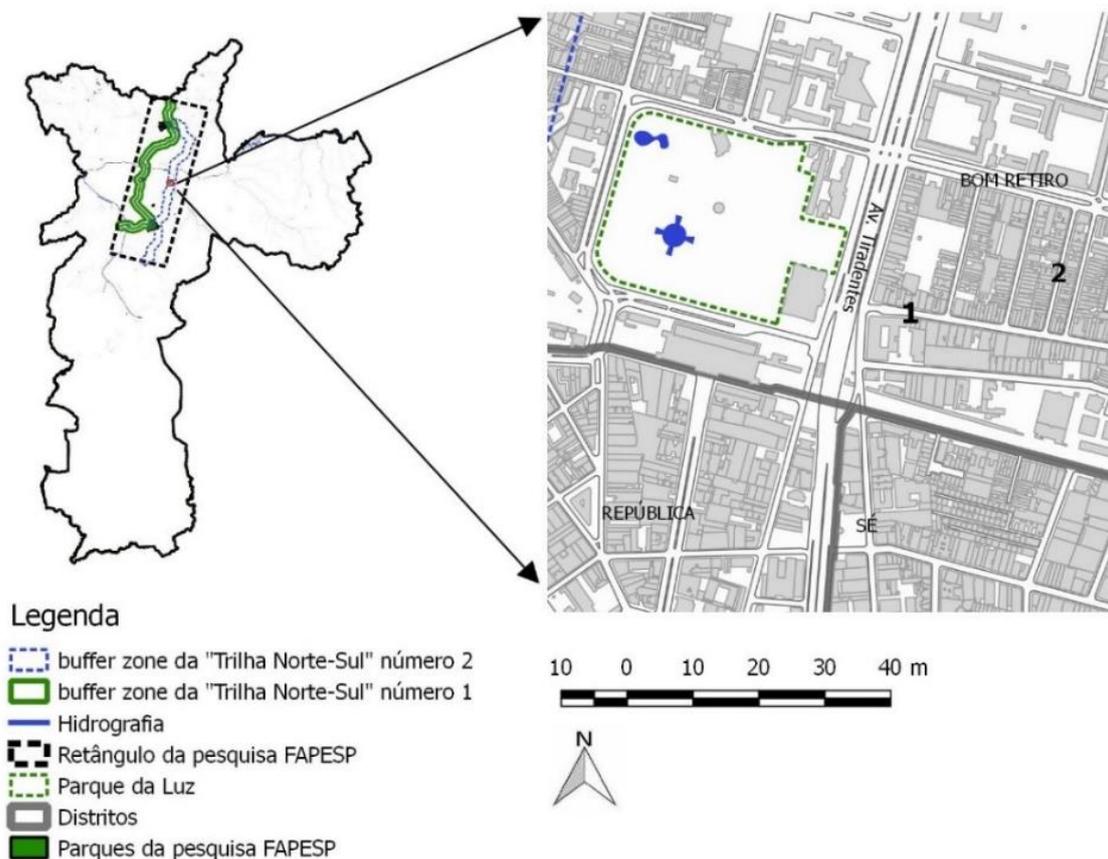
Colombo, no Siri Lanca, com uma população de 5,6 milhões de habitantes, foi realizada uma simulação no ENVI-met com a inserção de árvores nas esquinas no horário mais quente, às 15h00 num dia de verão, obtendo atenuação de 1,87°C na temperatura do ar (HERATH; HALWATURA; JAYASINGHE, 2018).

Outras pesquisas indicam que pequenas áreas verdes em intervalos regulares são melhores para a mitigação das IC do que grandes áreas de vegetação concentradas em áreas isoladas da cidade. Isso sugere a importância da floresta urbana, equivalente à instalação de pequenas praças na malha urbana. Com tal inserção, a sensação de maior frescor na temperatura do ar deixaria de ser concentrada nos arredores dos grandes parques e nas áreas florestais, para, assim, estenderem-se a toda a cidade (MARUYAMA, 2020; SHASHUA-BAR & HOFFMAN, 200a). O efeito do resfriamento dos arredores devido à existência das áreas verdes foi percebido até cerca de 100m de distância (SHASHUA-BAR; HOFFMAN, 2000a).

No município de São Paulo/SP, foi realizada uma pesquisa no entorno do Parque da Luz, localizado na área central da cidade (Figura 13). Esse estudo foi parte da pesquisa intitulada “Infraestrutura Verde para a resiliência urbana às mudanças climáticas para cidade de São Paulo” (FRANCO, 2015). Para a execução dos estudos, foi delimitado um retângulo conceitual sobre o qual foi idealizada a “Trilha Norte-Sul” número 1. Na região do Parque da Luz, foram feitos estudos sobre inserção da arborização, com vistas a fomentar a floresta urbana na Av. Tiradentes (arterial) e numa via coletora – Rua São Caetano e numa local – Rua Dr. Pedro Arbues.

A área de estudo está em uma região de concentração de Ilhas de Calor (Figura 14), com pouca presença de arborização, estas concentradas predominantemente na região do Parque da Luz (Figura 15).

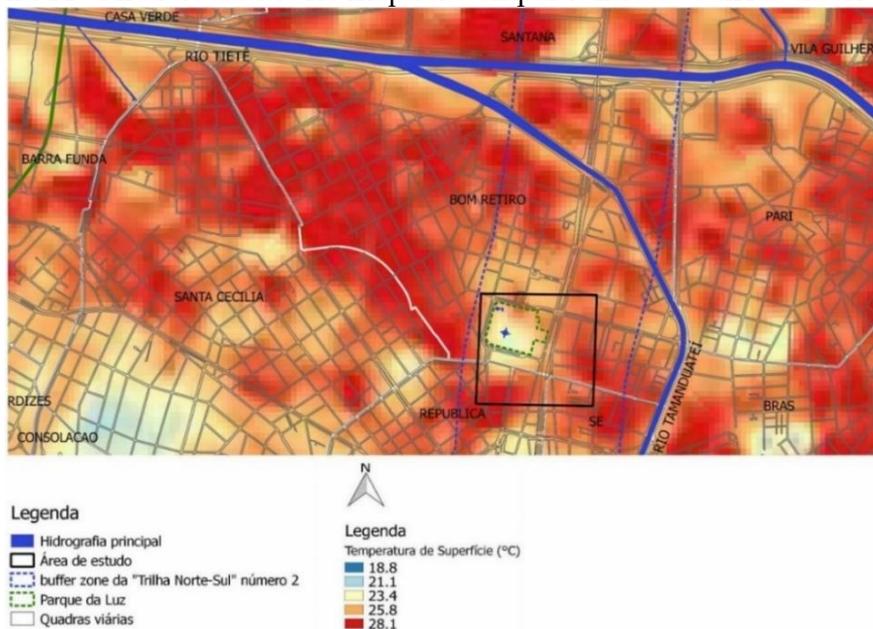
Figura 13: localização da área do estudo do Parque da Luz



Legenda: 1 Rua São Caetano; 2 Rua Dr. Pedro Arbues.

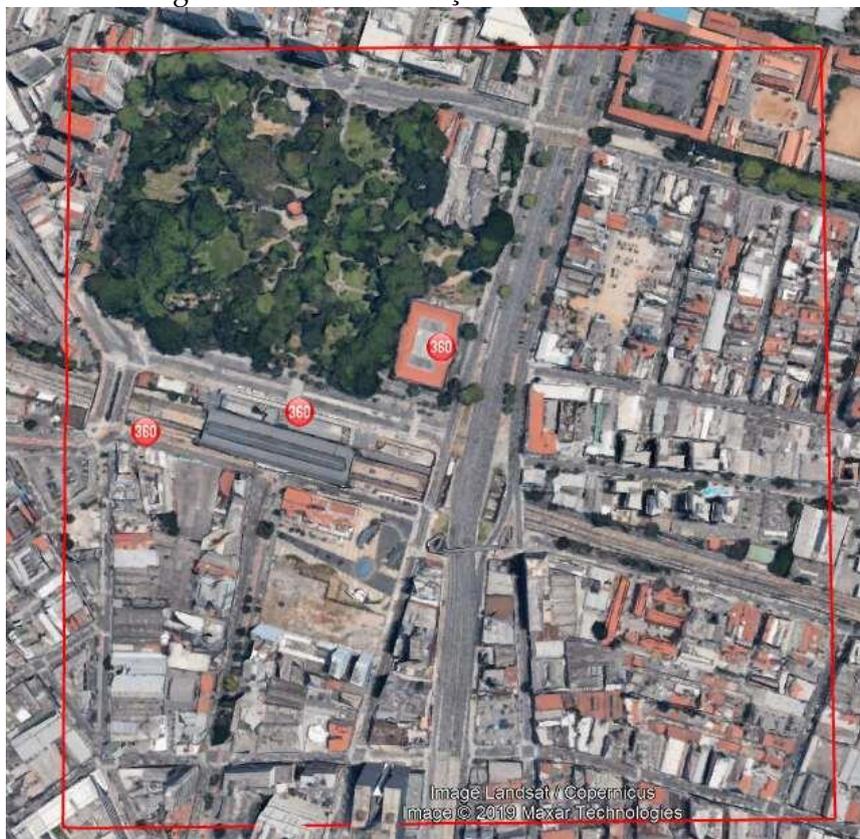
Fonte: Prefeitura do Município de São Paulo (sem data) e editado por Maruyama (2020)

Figura 14 - Área de estudo no mapa de temperatura e os bairros de entorno



Fonte: Prefeitura de São Paulo (s.d); Mendes et al. (2018); editado por Mendes (2019); Maruyama (2020)

Figura 15 – Caracterização da área de estudo



Fonte: Google Earth (2018)

A partir do programa de simulação ambiental ENVI-met, foi feita a modelagem da área de estudo, num trecho de 600x600m, tendo em vista que o programa é microclimático. Foram modeladas as edificações e suas alturas, os tipos de pavimentos, os tipos de coberturas, as árvores existentes com seu porte, a partir de uma imagem de satélite com resolução de 60cm. Então, foram idealizados cenários, o atual e o com aumento de arborização. A simulação de verão foi realizada tomando como base um dia com alta temperatura e com baixa umidade relativa do ar. Os pavimentos ocupam 23,57% da área de estudo. No cenário original, 18,10% da área é coberta por árvores; já no cenário com aumento de arborização, essa proporção foi elevada para 35,10%, considerando um aumento de 2.265 árvores de médio a grande porte. O cálculo da quantidade original de árvores foi feito pelo programa MultiSpec, usando o algoritmo ECHO, separando em classes de vegetação (rasteira, árvores de médio e grande porte). No horário mais quente, às 16h00 o cenário com aumento de arborização conseguiu reduzir a temperatura do ar em 3,12°C no interior do Parque da Luz e em 3,01°C num ponto próximo na Avenida Tiradentes. Uma redução na temperatura de superfície também foi observada no cenário com aumento de árvores, mais intensamente na Avenida Tiradentes, com redução de 17,77°C e, mais sutilmente, no interior do Parque, com 1,20°C. Esses achados indicam o quão importante é o papel da floresta urbana

para a mitigação das IC, criando, assim, condições microclimáticas mais confortáveis para a população, melhorando a saúde pública.

Outra pesquisa analisou parques urbanos de São Paulo/SP (LOMBARDO, 2021). A autora ressaltou a importância das áreas verdes para a saúde psicológica, salientando o alívio do estresse e a melhoria da saúde física e mental. A pesquisadora citou um experimento em pacientes com recuperação pós-operatória. Foi observado que os pacientes com janelas voltadas para as árvores tinham uma reabilitação mais rápida do que os que tinham vista para outros ambientes. Nesse trabalho, um dos parques analisados foi o Parque Jardim da Luz. Considerando um raio de 5km a partir do parque com relação a Temperatura de Superfície Terrestre, a vegetação arbórea atingiu 14°C, a arbustiva 19°C e, na área construída, a temperatura variou entre 24 a 29°C. Nos demais parques analisados, o resultado foi idêntico. Assim, podemos verificar que as árvores são naturalmente mais frescas do que os arbustos e muito mais frias que os elementos edificados.

## **Geodesign para planejamento urbano**

Neste tópico, será feita uma apresentação de um trabalho de Geodesign desenvolvido via workshop de uma equipe de pesquisadores que analisou a RMSP, no intuito de promover o aumento do sequestro de carbono. Ele foi parte de diversos workshops simultâneos que ocorreram em diversas regiões do Brasil, com o objetivo de aumentar a arborização nas áreas metropolitanas.

### **Método**

Como método de trabalho para a aplicação do Geodesign, utilizou-se a plataforma de *software* GisColab, elaborado com o objetivo de favorecer o planejamento compartilhado através da co-criação de infraestruturas espaciais, a partir de protocolos estabelecidos pelo OGC (*Open Geospatial Consortium*) para consumo de informação via WMS (*Web Map Service*) ou WFS (*Web Feature Service*), permitindo, em ambos os casos, o incremento de desempenho por WPS (*Web Processing Service*) (MOURA et. al. 2021). Assim, avaliou-se o impacto de cenários sobre a mudança da cobertura florestal para 2020, para 2035 e para 2050 na RMSP. Esse método de trabalho foi interessante para o desenvolvimento da pesquisa durante o período da pandemia de COVID-19, em 2021, quando era necessário o trabalho remoto, que oportunizou a reunião de vários pesquisadores de diversas especialidades, o que enriqueceu em muito os resultados. Essa abordagem permitiu a adaptação do Geodesign ao contexto brasileiro da RMSP, sendo adequada para o planejamento de grandes regiões (CANDIDO et al, 2021).

Os recursos de plataforma *web-based* onde se desenvolveram os workshops de Geodesign foram inicialmente desenvolvidos pelo grupo GE21 Geotecnologias, com o intuito de promover uma IDE (Infraestrutura de Dados Espaciais). Por esse motivo, o sistema é composto por quatro componentes: a) Banco de Dados Geográficos (que

armazena dados em um servidor na web); b) Servidor de Mapas Geoserver (que utiliza a padronização OGC – *Open Geospatial Consortium* –, convertendo a informação geográfica depositada no banco para informações gráficas e *webservices*; c) Catálogo de Metadados (que utiliza do *Geonetwork* para referenciar as informações sobre os dados); d) WebMap/WebGis (que usa o *Mapstore2*, aplicativo *web-based* que permite criar, gerenciar e compartilhar mapas e painéis).

A partir dessa base tecnológica já existente, Moura e Freitas (2020) otimizaram o módulo de WebMap/WebGis para que ele se adaptasse ao uso por Geodesign, denominando-o GISColab. Ele permite que informações sejam consumidas em mapas pelos formatos WMS (*Web Map Service*) ou WFS (*Web Feature Service*), sendo que o último permite conexões com outras plataformas de dados. Os mapas são estruturados como coleção temática de informações georreferenciadas, permitindo a navegação entre camadas, para se entender a área de estudo.

É parte fundamental da programação para o uso em Geodesign a aplicação de recursos de WPS (*Web Processing Service*). Através desses recursos, são gerados dados dinamicamente, a partir de inserção de informações pelos usuários na plataforma. Isso significa que podem ser realizados, por exemplo, registro de polígonos e cálculo de suas áreas, servindo de *input* para realizar algum processamento que geram um *output*, um dado dinâmico. Podem ser inscritas ideias através de registro de pontos. Um script, então, pode calcular a relação entre as ideias e os ODS (Objetivos do Desenvolvimento Sustentável), gerando gráficos de performances. Podem ser apresentados painéis dinâmicos com quantitativos praticados, gráficos de distribuição de propostas (por área ou por tema), ou qualquer outro cálculo que seja de interesse como visualização dinâmica.

A função dessas camadas dinâmicas, apresentadas como *widgets* (janelas tipo pop-up) ou em *dashboards* (painéis), é dar suporte a decisões durante o workshop, favorecendo a tomada de decisões. Para cada workshop, em virtude dos interesses dos coordenadores e a partir das necessidades de investigação, podem ser programados novos scripts.

No caso específico do conjunto de workshops “*Trees for Metropolitan Regions in Brazil*”, foi pertinente criar scripts para dar suporte à verificação de performances relativas a áreas de recuperação, de criação ou de manutenção de cobertura vegetal robusta. O objetivo seria calcular o possível número de árvores que poderiam existir nas áreas propostas, o percentual de incremento de área em relação ao quantitativo existente, assim como calcular os indicadores de créditos de carbono acima e abaixo da terra (*above and below ground*).

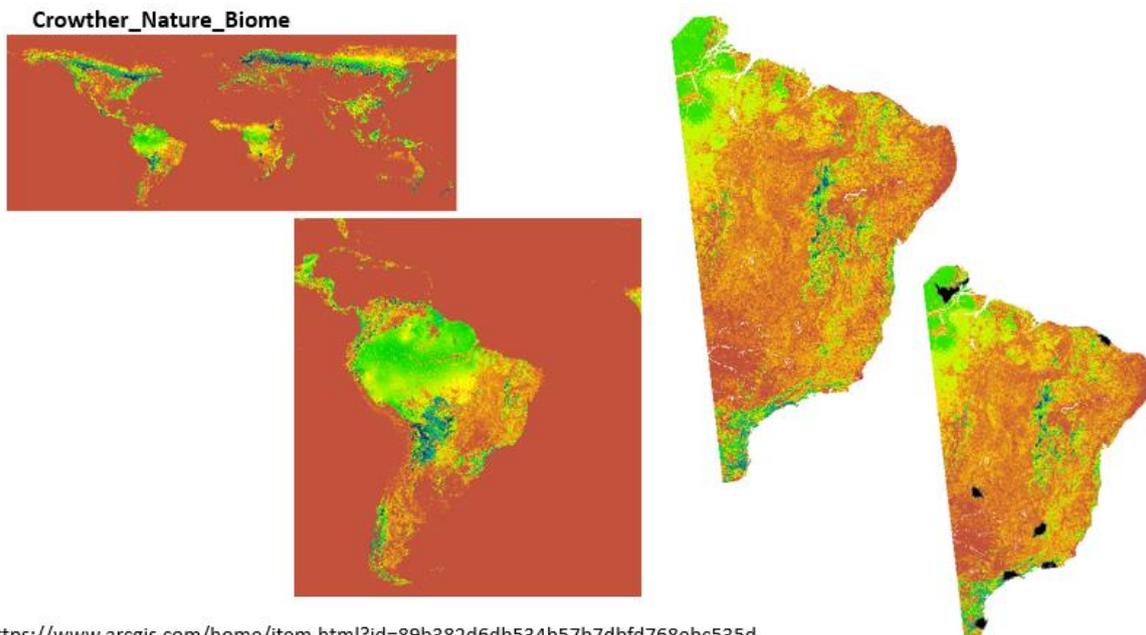
No método do Geodesign, há diferentes formas de pensamento projetual empregadas para avaliar a cobertura florestal na RMSP, idealizados em cenários: (i) *non adopters* (2035 - 2050), que agem de acordo com os padrões usuais de projeto, planejamento e políticas públicas; (ii) *late adopters* (2050), baseados no cenário *non adopter* até 2035, e a adoção tardia de inovações; e finalmente, (iii) *early adopters* (2035 - 2050), que se utilizam de ações inovadoras desde o início (CANDIDO et al., 2021).

Foi colocado como meta para os participantes o incremento mínimo de 30% de área de vegetação robusta para a etapa de 2050 com inovações (*late-adopter* ou *early-adopter*), sendo livre a decisão de incremento para os outros cenários. Nesse sentido, seria fundamental que os participantes tivessem algum mecanismo de controle de conquista de meta durante o processo.

Na etapa de pré-workshop, os coordenadores precisam calcular a performance média de número de árvores e de crédito de carbono possível na sua área de estudo, o que representa uma média de valores praticados em áreas de expressiva vegetação. Eles podem optar por calcular através das áreas de Unidades de Conservação, mas há o risco de existirem porções nessas áreas sem expressiva cobertura vegetal. Então, o indicado é a utilização de mapas de localização de vegetação robusta, que podem ser representados pelo NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), ou por um bom mapa de uso e cobertura do solo (*Land Use Land Cover*). A partir de uma das fontes, são separados os polígonos de áreas de vegetação mais qualificada. Esses polígonos são usados para fazer a interseção com mapas *raster* disponibilizados por Crowther et al. (2015) e por Spawn et al. (2020).

O mapa de Crowther et al. (2015), o “*Nature Biome*”, apresenta pixel em resolução de 0,0083332938 graus X 0,0083332938 graus, cerca de 900 x 900 metros (variando com a latitude) ou 810000m<sup>2</sup> ou 81 hectares ou 0,81 km<sup>2</sup>. Para cada pixel, é indicada a quantidade de árvores existentes. Realizando a interseção dos polígonos de vegetação expressiva com o mapa, se extrai o valor total de árvores neles existentes. Depois, calcula-se o número médio de árvores por m<sup>2</sup> (ou qualquer outra unidade de medida) na área de estudo, o que representa o potencial existente, ou a possível performance por área quando forem propostos novos polígonos. Em estudos de caso em diferentes biomas, é indicado que o cálculo seja feito por bioma. (Figura 16, Figura 17).

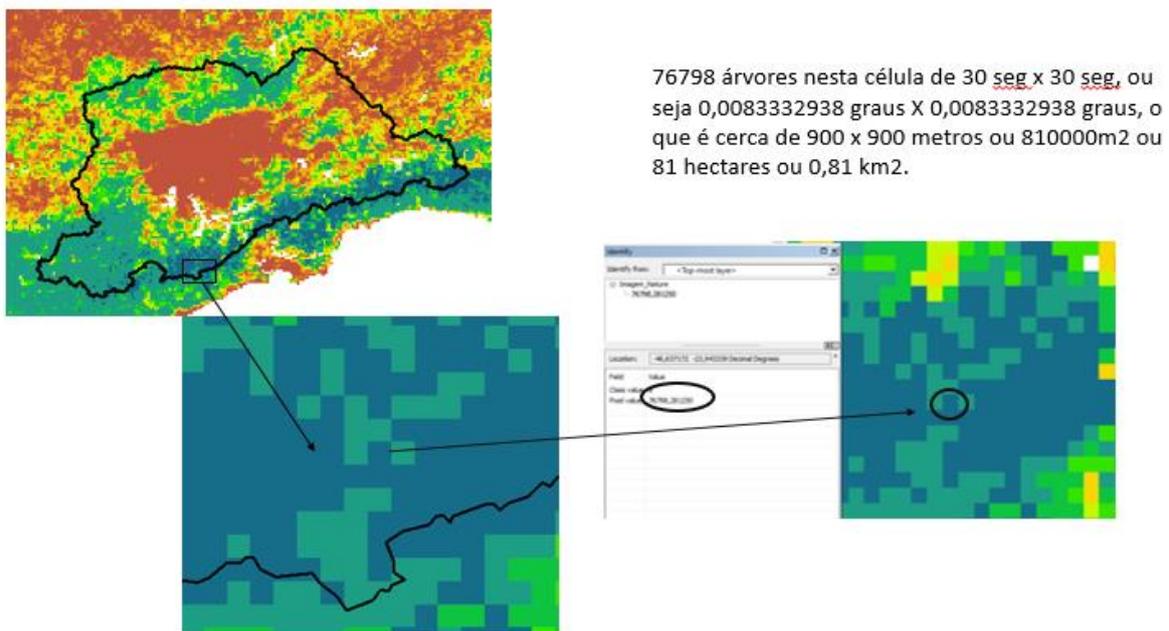
Figura 16 – Crowther Nature Biome Map, de todo o mundo e recortado nas áreas de interesse



<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=89b382d6db534b57b7dbfd768ebc535d>

Fonte: Crowther et al. (2015). Elaboração: os autores.

Figura 17 – Processo de consulta e cálculo de número de árvores por pixel.

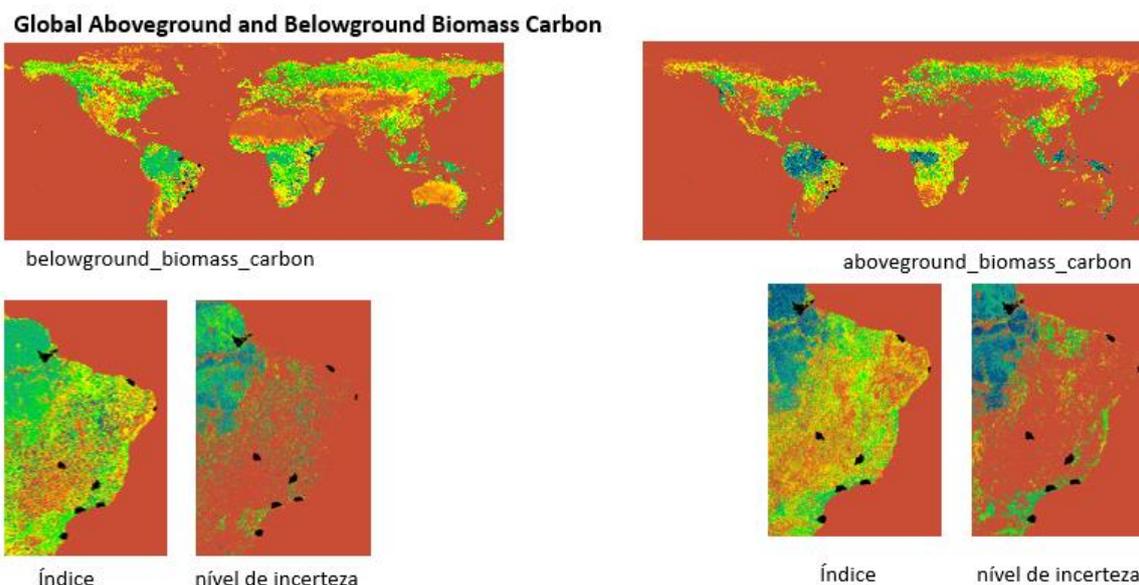


Fonte dos dados: Crowther et al. (2015). Elaboração: os autores.

Da mesma forma é feita a interseção dos mesmos polígonos de vegetação expressiva com os mapas de Spawn et al. (2020), o "Global Aboveground and Belowground Biomass Carbon Density". Eles informam a quantidade de carbono existente por pixel, separados em mapas de "Above Ground" e "Below Ground". Os autores disponibilizam também, caso seja do interesse, os mapas de incerteza dos dados (*Uncertainty*). O pixel

neste caso é de 0.0027 degrees x 0.0027 degrees , o que resulta em cerca de 300 x 300 metros (variando segundo a latitude) ou 90000m<sup>2</sup>, ou 9 hectares ou 0,09 km<sup>2</sup>. É feita a interseção dos mesmos polígonos da etapa anterior com esses mapas, obtendo-se o valor médio de CO<sub>2</sub>, em MgC (micrograma, um milionésimo da grama, millionths) por área para o recorte de estudo (Figura 18).

Figura 18 – Global Aboveground and Belowground Biomass Carbon Density Map, de todo o mundo e recortado nas áreas de interesse



[https://daac.ornl.gov/cgi-bin/dsvviewer.pl?ds\\_id=1763](https://daac.ornl.gov/cgi-bin/dsvviewer.pl?ds_id=1763)

Fonte: Spawn et al. (2020). Elaboração: os autores.

Realizados os cálculos dos valores considerados possíveis como performance básica por área para o estudo de caso, estes são armanezados em uma tabela para ser usada no script (Figura 19). Durante o workshop, é solicitado aos participantes que desenhem polígonos de incremento da cobertura vegetal destinados ao sequestro de carbono. O script calcula a área de cada polígono e soma a área total. A partir disto, ele lê a linha da tabela que contém os valores possíveis por área e multiplica esses valores pela área dos polígonos desenhados.

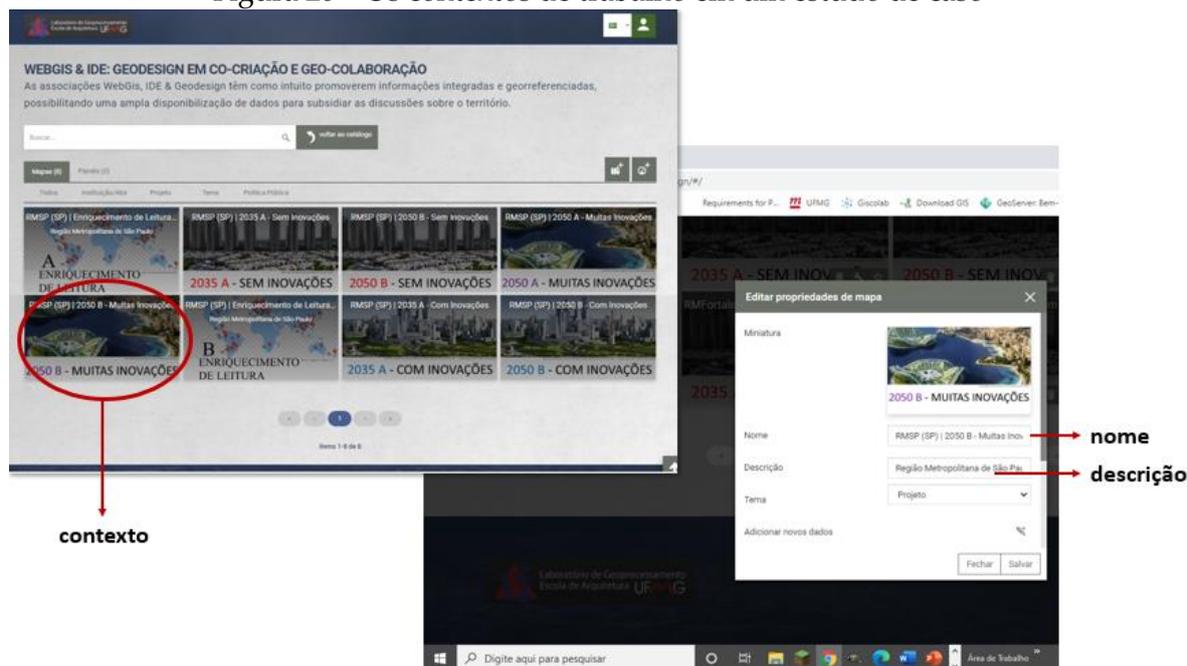
Figura 19 – Tabela com os dados por estudo de caso

		total dados - quantitativo de árvores e CO2						
		trees/km2				CCO2 above/km2 CCO2 below/km2		
		total árvores	area (km2)	árvores/km2	soma_above CO2	soma_below CO2	CCO2_above/km2	CCO2_below/km2
Florianópolis	Mata Atlântica	380067064	4527,53	83945,7859	34817769	9373025	7690,234852	2070,229242
Fortaleza	Caatinga	111749721	2897,82	38563,3756	4947697	2823788	1707,385897	974,4525195
Fortaleza	Mata Atlântica	25743533	294,228	87495,184	1073156	355781	3647,36191	1209,201708
Fortaleza Soma	Soma	137493254	3192,048	126058,56	6020853	3179569	1886,203779	996,0905976
Goiania	Cerrado	34729181	1812,687	19158,9508	6002215	2070520	3311,225269	1142,238015
Recife	Mata Atlântica	6447092	453,25	14224,1412	1206635	379849	2662,184225	838,0562603
Belo Horizonte	Mata Atlântica	59422560	1680,82	35353,3156	9478245	3940505	5639,060102	2344,394403
Belo Horizonte	Cerrado	20990029	1046,77	20052,1882	3056410	2173732	2919,848677	2076,608997
Belo Horizonte Soma	Soma	80412589	2727,59	55405,5038	12534655	6114237	4595,505556	2241,626124
Rio de Janeiro	Mata Atlântica	85012528	1811,08	46940,239	14194606	3966424	7837,64715	2190,087682
São Paulo	Mata Atlântica	217173966	2925,5	74234,82	19589814	5967211	6696,227653	2039,723466
Macapá	Floresta Amazônica	679079550	12294	55236,6642	151441351	35454935	12318,31389	2883,921832
Carbonifera	Mata Atlântica	89397700	1287	69462,0824	9759787	2621875	7583,362082	2037,198912
Belém	Floresta Amazônica	51722567	1811	28560,2247	11768557	2855515	6498,374931	1576,761458
Teresina	Caatinga/Cerrado	125746251	2786	45135,0506	15356877	4366903	5512,159727	1567,445441
Palmas	Cerrado	172549456	7231,43	23861,0421	30289727	19805231	4188,622029	2738,771031
Campinas	Mata Atlântica	3153282	209	15087,4737	833687	409265	3988,933014	1958,205742
Juiz de Fora	Mata Atlântica	13361423,2	352,1275	37944,8444	589154	262024	1673,126921	744,1168327
Salvador	Mata Atlântica	15598838	475,6856	32792,3275	2276781	687198	4786,314742	1444,647473
João Pessoa	Mata Atlântica	3950882,45	444,008502	8898,21351	1004759	344585	2262,927389	776,0774815

Fonte: os autores.

O coordenador deve dar um nome para o projeto e para os contextos (que são ambientes de trabalho) contendo o nome do estudo de caso. A exemplo: no estudo de caso da Região Metropolitana de São Paulo, o participante pode trabalhar em 8 contextos (caixas de entrada), tendo eles nomes e descrições associados a São Paulo. O script irá reconhecer isso ao fazer a associação com a tabela (Figura 20).

Figura 20 – Os contextos de trabalho em um estudo de caso



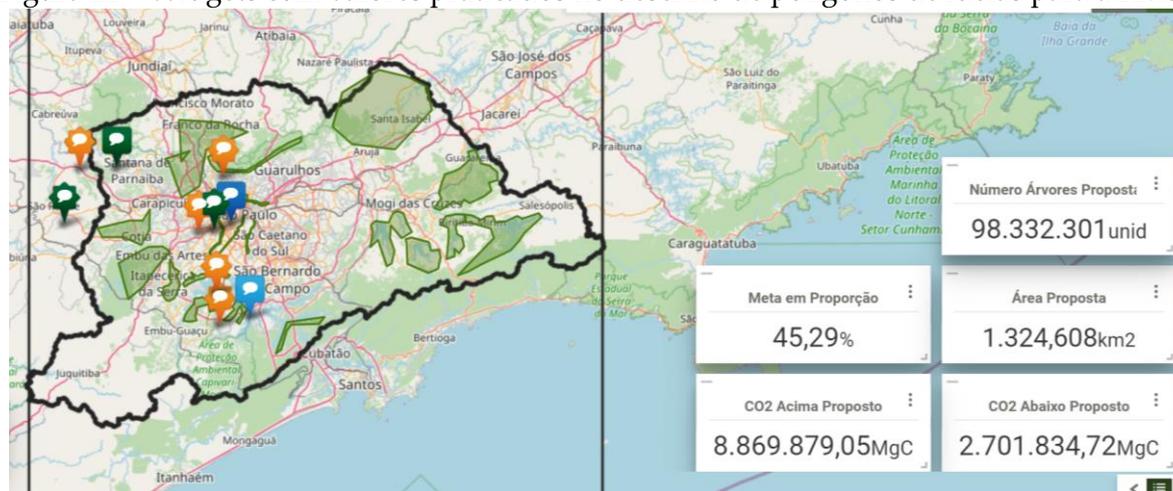
Fonte: os autores.

O script funciona calculando e somando a área de todos os polígonos desenhados em um contexto, apresentando os índices resultantes através de multiplicação da área por valores médios por m<sup>2</sup> ou km<sup>2</sup> contidos na tabela. Com isso, ele calcula e apresenta

a área dos polígonos desenhados, o número de árvores possíveis nos polígonos propostos, o possível quantitativo de CO<sub>2</sub> acima e abaixo da terra na área proposta, o incremento de área desenhada em relação à área anteriormente existe de vegetação robusta. Nesse sentido, o coordenador deve solicitar aos participantes que reservem os polígonos apenas para as propostas relacionadas e vegetação e crédito de carbono, usando linhas, pontos ou linhas de contorno vazadas para outros temas. Ou o coordenador pode decidir reservar um contexto apenas para trabalhar o tema, sem riscos de que sejam feitos polígonos exóticos ao tema.

Como resultado, durante o trabalho e o processo dinâmico, uma vez baseado em WPS, os widgets com os dados são atualizados, dando suporte às decisões. Os valores apresentados indicam, dessa forma, o possível número de árvores por unidade, o percentual de incremento, a área proposta, o CO<sub>2</sub> acima da terra e o CO<sub>2</sub> abaixo da terra (Figura 21).

Figura 21 – Widgets com valores praticados no desenho de polígonos de ideias para a RMSP



Fonte: os autores.

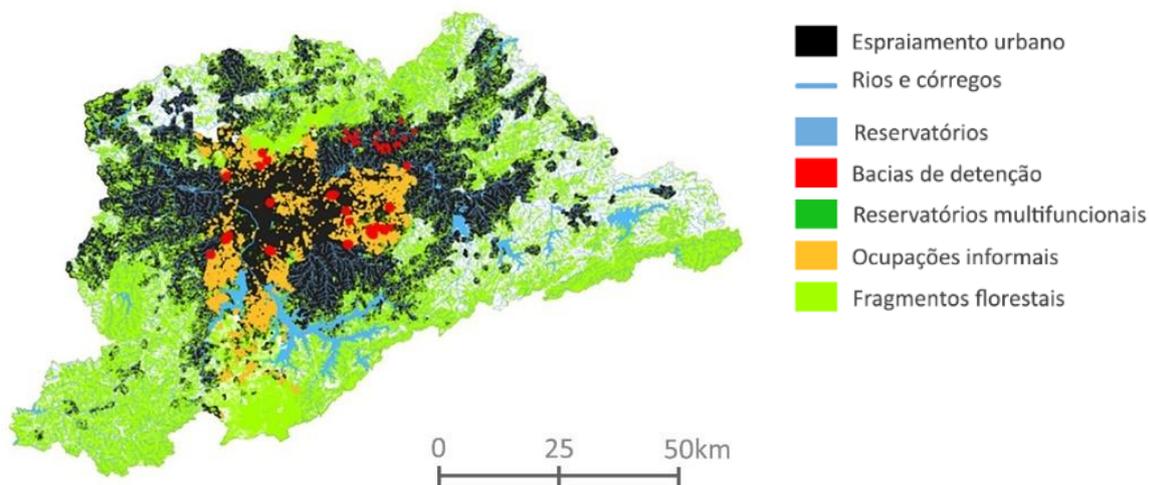
### Cenário *non adopter* (2035 e 2050)

O cenário *non adopter* (2035 e 2050) levou em consideração os seguintes aspectos: (a) legislação referente aos planos diretores no que se refere às áreas verdes; (b) tendências atuais de plantio de arborização e suas taxas de sobrevivência; (c) pressões mercadológicas da indústria imobiliária; (d) atividades ilegais (CANDIDO et al, 2021).

A partir da análise dos elementos apresentados, foi estimado que a cobertura arbórea aumente em 18% em 2050, mas isso não é suficiente para substituir os serviços ecossistêmicos perdidos pela morte devido à velhice, à remoção e à queda de árvores adultas. A expansão urbana pode levar a uma redução nas áreas de floresta em 4% e as florestas plantadas, principalmente de Eucalipto e de Pinheiro, tendem a aumentar em 78%, tendo impacto negativo na biodiversidade. Com relação à ilha de calor, foi

previsto aumento da temperatura do ar, afetando a qualidade de vida da população (CANDIDO et al, 2021) (Figura 22 e 23).

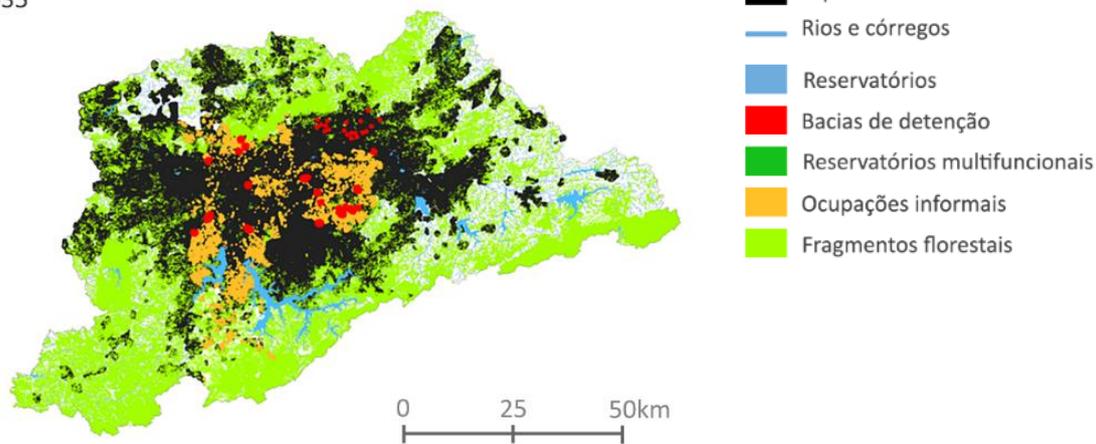
Figura 22: Distribuição espacial das camadas mais relevantes da Região Metropolitana de São Paulo para o cenário atual (2020)



Fonte: Candido et al., 2021

Figura 23: Distribuição espacial das camadas mais relevantes da Região Metropolitana de São Paulo com as alterações de previsão para 2035 de acordo com abordagem late adopter e non adopter

LATE e NON ADOPTER  
2035



Fonte: Candido et al., 2021

### Cenário *late adopter* (2035 e 2050)

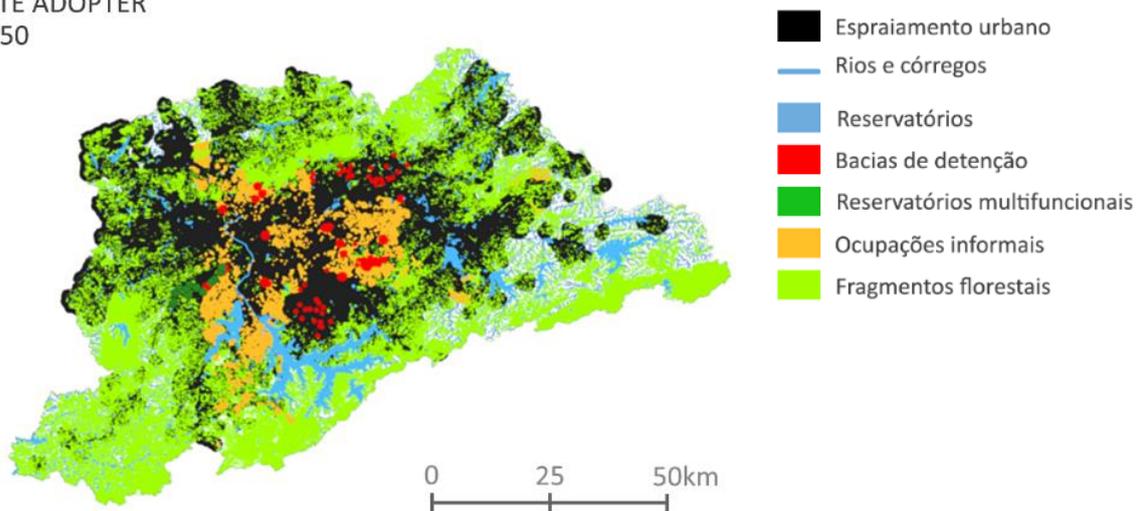
Nesse cenário, até o ano de 2035 foram estimadas tendências semelhantes ao cenário *non adopter*. As alterações mais significativas são projetadas a partir de 2035 (Figura 20), baseadas nas decisões políticas e na conscientização da sociedade no que se refere às questões do meio ambiente. As medidas aplicadas para a melhoria do meio ambiente

urbano de 2035 a 2050 se iniciam num cenário vulnerável. Foram previstas as seguintes abordagens inovadoras: a) proteção; b) expansão e c) criação de uma infraestrutura verde, baseadas no controle da expansão urbana, na qualificação da cobertura arbórea existentes e na preferência pela expansão das infraestruturas verdes e azuis (CANDIDO et al., 2021)

Para a proteção da floresta urbana existente, foram propostas melhorias na gestão de árvores e do verde urbano, diminuição dos conflitos entre as redes aéreas de energia e arborização, proposta de um plano diretor para a gestão das árvores maduras e para o plantio de novos exemplares. O aumento da cobertura arbórea na malha urbana consolidada foi idealizado considerando o cenário de 2050, assim como as experiências da “Cidade Verde” de Sacramento (EUA), algumas experiências nacionais como Maringá (PR). Foram previstas ações como novas propostas de desenho urbano de vias associando a mobilidade, com a aplicação de infra-estruturas verdes e com a utilização de áreas de estacionamento de veículos nas vias, para a criação de espaços permeáveis e arborização. Considerando os itens mencionados anteriormente, até 2050 foi projetado aumento da arborização viária em 30%, elevação da florestação em 45% e aumento limitado da Ilha de Calor de 10°C (Ibidem) (Figura 24).

Figura 24: Distribuição espacial das camadas mais relevantes da Região Metropolitana de São Paulo para as alterações de previsão para 2050 de acordo com a abordagem *late adopter*

LATE ADOPTER  
2050



Fonte: Candido et al., 2021

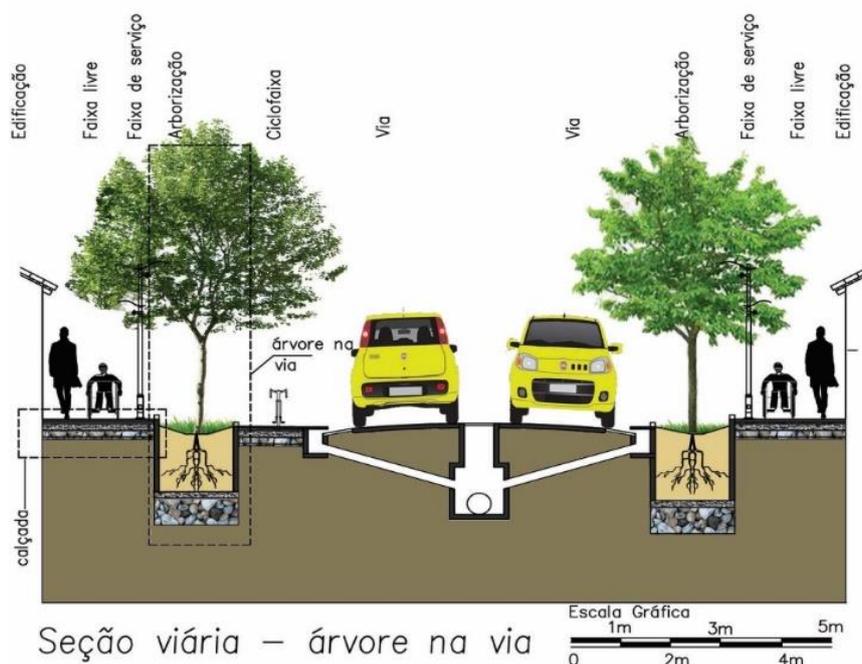
### **Cenário *early adopter* (2035 e 2050)**

Nesse cenário, foram previstas medidas inovadoras adotadas desde o princípio, como aplicação de infraestrutura verde e SBN para conservar e expandir as áreas de florestas. Também, são idealizadas diversas estratégias para aumentar as florestas urbanas, tais como: ocupar os estacionamentos da via com árvores, plantar árvores na via de grande a médio porte onde se localizam os estacionamentos de carro (Figura

25), que estariam associadas a estruturas de biorretenção (Figura 26) para ajudar na drenagem sustentável urbana. Com tais medidas foi possível alcançar a meta de aumento de 30% da cobertura florestal arbórea prevista pelo workshop, comparado ao patamar de 2020 (Quadro 1) (Candido et al., 2021).

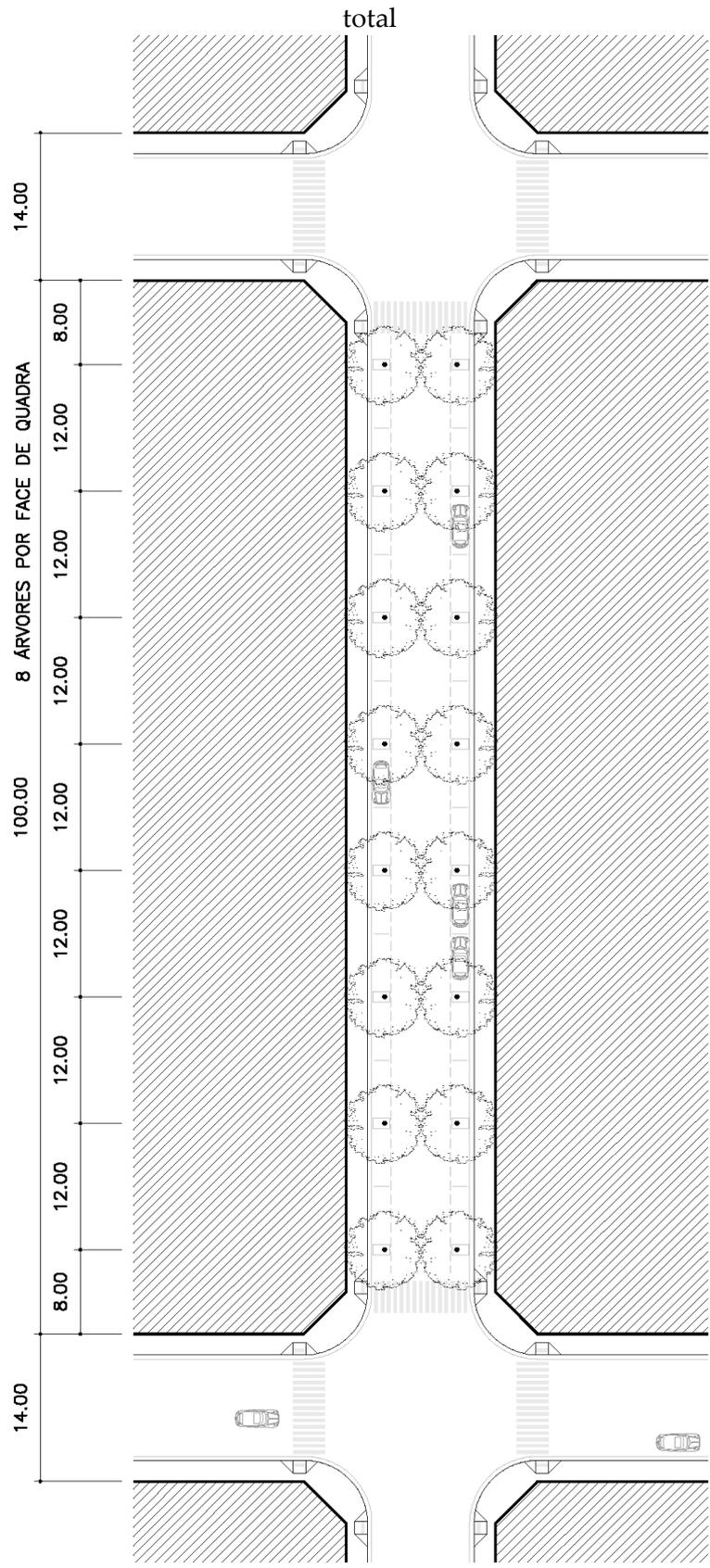
A adoção de medidas naturais para melhoria da drenagem das áreas é importante, tendo em vista os cenários observados de aumento de ilhas de calor, cuja consequência é a elevação de eventos climáticos extremos, como as enxurradas e alagamentos, conforme observado no Brasil no ano de 2022 nas regiões de Minas Gerais, interior de São Paulo e RMSP e Rio de Janeiro (Petrópolis), com muitas vítimas e grande prejuízo material. A utilização de estruturas de biorretenção e a promoção de arborização nas áreas urbanas têm efeito extremamente positivo para ajudar no controle e na amenização desses eventos extremos que geram catástrofes urbanas. As estruturas tradicionais de drenagem urbana foram calculadas para chuvas com volumes muito menores do que aqueles relativos aos eventos climáticos exagerados. É necessária a previsão de adaptação para as condições atuais e para as que podem vir a acontecer, tendo como referência os prognósticos futuros.

Figura 25: exemplo de árvore plantada na via com estrutura de biorretenção



Nesse cenário, em 2035 as taxas ficaram semelhantes às do *late adopter* para quantidades de arborização viária e para as ilhas de calor, com aumento de 10°C na temperatura de superfície. Até 2050, houve o prognóstico de aumento nas florestas, naturais e plantadas, e aumento de 5°C na temperatura de superfície, supondo que as cidades realmente estejam com mais arborização (LOMBARDO, 1985 apud CANDIDO et al., 2021) (Figura 27). O Quadro 1 sintetiza os resultados das abordagens *non*, *late* e *early adopter*.

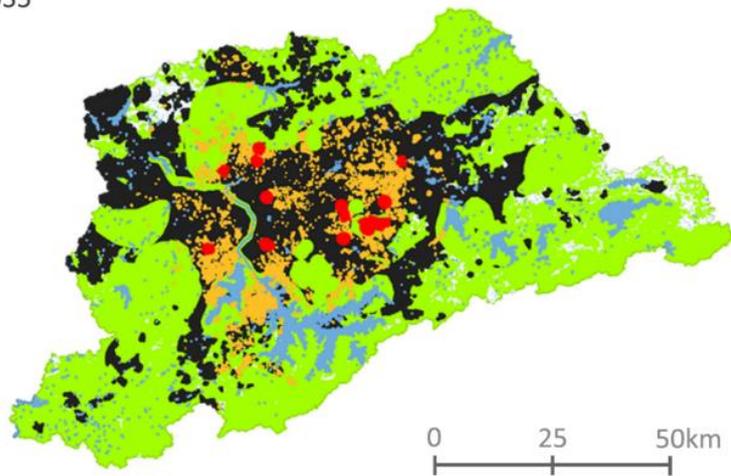
Figura 26: Estudo com árvore de grande ou médio porte e 8 árvores por face de rua, 16 ao total



Fonte: Murolo (2022)

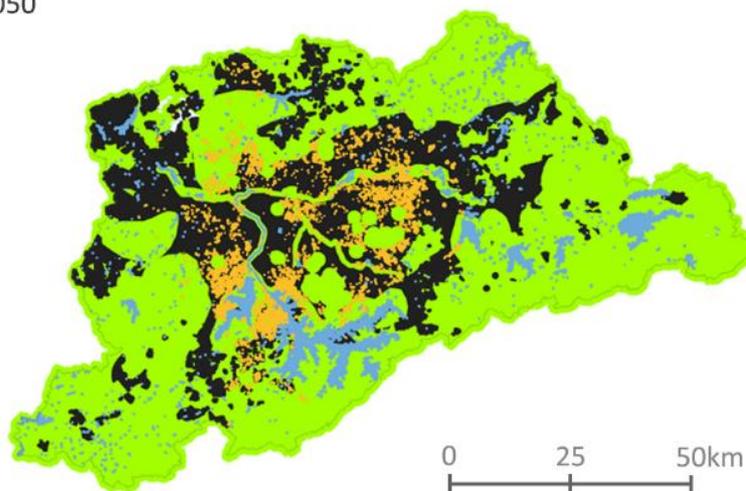
Figura 27: Distribuição espacial das camadas mais relevantes da Região Metropolitana de São Paulo para o cenário atual (2020) e as alterações de previsão para 2035 e 2050 de acordo com abordagem *early adopter*

EARLY ADOPTER  
2035



- Espraiamento urbano
- Rios e córregos
- Reservatórios
- Bacias de detenção
- Reservatórios multifuncionais
- Ocupações informais
- Fragmentos florestais

EARLY ADOPTER  
2050



- Espraiamento urbano
- Rios e córregos
- Reservatórios
- Bacias de detenção
- Reservatórios multifuncionais
- Ocupações informais
- Fragmentos florestais

Fonte: Candido et al, 2021

Quadro 1: Alterações previstas da Região Metropolitana de São Paulo (área total de 7 946,84 km<sup>2</sup>) de acordo com a abordagem dos *early*, *late* e *non-adopters*. O aumento da percentagem está relacionado com a 2020/21 e as referências para os *early adopters* baseiam-se em objetivos para as decisões de Projeto. O ano 2035 é semelhante para os *late* e *non adopters*

ADOPTERS	ATUAL	EARLY		LATE		NON	REFERÊNCIAS
	2020	2035	2050	2035	2050	2050	
Número de árvores de rua com base no saldo entre árvores plantadas e caídas mais árvores removidas.	652,146	30%	50%	9%	30%	18%	(LOCOSELLI et al, 2021; Prefeitura de São Paulo, 2016)
Aumento/redução em áreas de floresta natural devido à expansão/redução urbana	3.581,85km <sup>2</sup>	15%	30%	-2%	-2,5%	-4%	Plataforma MapBiomas Crescimento comparado no período de 1985-2019
Aumento das áreas de floresta plantada (Eucalipto, Pinus e Araucária) devido à expansão/redução urbana	260,92 km <sup>2</sup>	10%	15%	40%	45%	78%	
Aumento das Ilhas de Calor Urbano: média da temperatura da superfície da zona central de SP menos zonas rurais	15°C	10 °C	5 °C	18 °C	10 °C	22°C	(LOMBARDO, 2011)

Fonte: Candido et al, 2021 e adaptado pelos autores

## Conclusões

A estratégia do sequestro de carbono pela floresta urbana ajuda tanto na redução do CO<sub>2</sub>, quanto na mitigação das IC. A adoção dessa medida é muito importante no contexto da RMSP, que sofre com os efeitos das grandes emissões de GEE e com a IC.

As SBN, dentre as quais se enquadra a Infraestrutura Verde, são uma alternativa para aumentar o dossel arbóreo urbano, podendo ser aplicada juntamente com as estruturas de mobilidade urbana.

Foram apresentados exemplos de como a floresta urbana pode ajudar na mitigação das IC. A pesquisa de Fruehauf et al. (2021) mostrou ser possível aumentar a área verde da subprefeitura do Butantã/SP em 3%, amenizando, assim, em 1,5°C a temperatura. A elevação da cobertura arbórea de 18,10% para 35,10% reduziu a temperatura no interior do Parque da Luz em 3,12°C e 3,01°C num ponto próximo à Avenida Tiradentes, em São Paulo/SP (MARUYAMA, 2020). Outro trabalho mostrou que, num raio de 5km do Parque da Luz, a temperatura da cobertura arbórea é menor que a das arbustivas: as árvores atingiram 14°C e os arbustos 19°C (LOMBARDO, 2001).

Por outro lado, o Geodesign é uma ferramenta interessante para analisar e projetar o aumento do sequestro de carbono de grandes áreas, como a RMSP e a IC. No cenário *non adopter*, em 2050 houve a estimativa de aumento de 18% da cobertura arbórea, mas a expansão urbana pode reduzir as áreas de floresta, assim como as florestas plantadas podem aumentar em 78% a sua área e, assim, diminuir a biodiversidade, por privilegiarem poucas espécies, como o Eucalipto e o Pinheiro (CANDIDO et al., 2021).

No cenário *late adopter*, até 2050 foi projetado aumento da arborização em vias na ordem de 30% e das florestas em 45%, promovendo a elevação limitada da IC em 10°C. No cenário *early adopter*, até 2050 os prognósticos foram melhores, devido às medidas inovadoras propostas. Foi observada menor tendência de aumento nas florestas plantadas do que nos outros dois cenários limitando a 15%, aumento de floresta natural de 30% e elevação da quantidade de árvores de rua em 50%. O aumento da temperatura devido a IC ficou limitado a 5%.

A ferramenta do Geodesign, apoiada pela plataforma GISColab, foi valiosa para esses estudos, além de ter sido fundamental no período de isolamento imposto pela COVID-19 (2021), possibilitando a reunião remota de diversos pesquisadores de expertises diferentes, que ajudaram a criar os prognósticos e a elaborar tendências para a IC e a floresta urbana.

## Colaboração

Adriana Afonso Sandré; Giulliano Maselli Locoselli; Rafael Pollastrini Murolo;  
Taícia Helena Negrin Marques; Magda Adelaide Lombardo; Ana Clara Moura.

## Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Ana Clara Moura (UFMG), que coordenou o projeto "Geodesign Brasil": Árvores para Regiões Metropolitanas"; ao apoio do pessoal do laboratório (Geoproea/EAUFG); e à plataforma GISColab (Projeto CNPq 401066/2016-9/ FAPEMIG PPM-00368-18). Agradecemos ao professor Paulo Renato Mesquita Pellegrino (FAUUSP), que conduziu o trabalho: "Geodesign Brazil: Trees for the Metropolitan Area of São Paulo", o qual nos inspirou para a criação do ebook e deste capítulo. Os autores agradecem também à FAPESP pelo apoio financeiro (FAPESP 2019/08783-0, 2020/09251-0, 2020/14162-2).

Agradecimento à bolsa de Doutorado por Amanda Lombardo Fruehauf – O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Também agradecimento ao Dr. Jefferson Lordello Polizel, pela ajuda no geoprocessamento das imagens sobre a Subprefeitura do Butantã, SP.

## Referências

CAICHE, D. T., PERES, R. B., & SCHENK, L. B. M. (2021). Floresta urbana, soluções baseadas na natureza e paisagem: planejamento e projeto na cidade de São Carlos (SP). **Revista LABVERDE**, 11(1), 121-149. HYPERLINK "<https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.labverde.2021.189316>" <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.labverde.2021.189316>

CANDIDO, L. F.; COELHO, M. A.; FRUEHAUF, A. L.; LOCOSELLI, G. M.; LOMBARDO, M. A.; MARUYAMA, C.M.; MARQUES, T. H. N.; MIYAHARA, A. A. L.; MUROLO, R. P.; POMBO, R.M.R.; ROSA, A. A.; SANDRE, A. A.; PELLEGRINO, P. R. M. **Geodesign Brazil: Trees for the Metropolitan Area of Sao Paulo**. In *Computational Science and Its Applications*. Eds. GERVASI, O.; MURGANTE, B.; MIRSRRA, S.; GARAU, C.; BLECIC', I. TANIAR, D.; APDUHAN, B. O.; ROCHA, A. M. A.C.; TARANTINO, E.; TORRES, C. M. Alemanha: Springer, part VI, pp. 463-475, 2021.

COHEN-SCHACHAM, E., WALTERS, G., JANZEN, C. and MAGINNIS, S. (eds.). **Nature-based Solutions to address global societal challenges**. Gland, Switzerland: IUCN. xiii + 97pp, 2016.

CROWTHER, T. W., GLICK, H. B., COVEY, K. R., et al. Mapping tree density at a global scale. *Nature*, 2015, 525(7568), 201-205.

DA CRUZ, G. C.F. Clima urbano e vegetação: o papel de uma área de mata na formação de uma ilha fria. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 2, p. 12870-12888, 2021.

DEMOGRAPHIA WORLD URBAN AREAS. Built-up Urban Areas or Urban Agglomerations. 15th Annual Edition: April 2019: Disponível em <<http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2021.

DUARTE, D. H. S. **O impacto da vegetação no microclima em cidades adensadas e seu papel na adaptação aos fenômenos de aquecimento urbano. Contribuições a uma abordagem interdisciplinar**, 2015. . Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/16/tde-11052016-104104/>>.

EGGERMONT, H. et al. Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, Volume 24, Number 4, pp. 243-248(6), 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.14512/gaia.24.4>.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **Horizon 2020 expert group on Nature-based solutions and re-naturing cities. Final Report: Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities**. Brussels, 2015. Disponível em: <<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fb117980-d5aa-46df-8edc-af367cddc202>>. Acesso em 13/06/2021

FRANCO, M. A. R. Projeto de pesquisa. **Infraestrutura verde para a resiliência urbana às mudanças climáticas para cidade de São Paulo**. Instituição sede: FAU USP. FAPESP/SP. 2015.

FRUEHAUF, A.L.; PELLEGRINO, P. R.M.; LOMBARDO, M. A. **Análise da paisagem com uso de geotecnologia, na busca da qualidade ambiental urbana na subprefeitura de Butantã, no município de São Paulo, SP, Brazil.. In: Anais do Geodesign South America: métodos de ensino em planejamento urbano usando tecnologias digitais; estudos de caso da aplicação do geodesign em planejamento, proteção ambiental e patrimônio cultural; e novas tecnologias em planejamento territorial, urbano e ambiental. Anais...Palmas (TO) UFT, 2021. Disponível em: <[72](https://www.even3.com.br/anais/gdsa2021/414229-ANALISE-DA-PAISAGEM-</a></b></p></div><div data-bbox=)**

COM-USO-DE-GEOTECNOLOGIA-NA-BUSCA-DA-QUALIDADE-AMBIENTAL-URBANA-NA-SUBPREFEITURA-DE-BUTANTA>. Acesso em: 05/02/2022 12:40

FRUEHAUF, A. L. **Análise do uso da terra, campo térmico e índice de vegetação para a implantação de uma infraestrutura verde na busca da qualidade ambiental urbana na Subprefeitura de Butantã, no município de São Paulo-SP**. Dissertação (Mestrado em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020.

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor: Como Mitigar Zonas de Calor em Áreas Urbanas**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 248, 2010

GONÇALVES J.M., GAMA J.M.R.F. : A systematization of policies and programs focused on informal urban settlements: reviewing the cases of São Paulo, Luanda and Instambul. **Journal of Urbanism** 13(4), pp. 466-488, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.1080/17549175.2020.1753228>>.

GRIMMOND, C.S.B.; ROTH, M.; OKE,T.R.; AU, Y.C.; BEST, M.; BETTS, R.; G. CARMICHAEL, G.; CLEUGH, H.; DABBERDT, W.; EMMANUEL, R.; FREITAS, E.; FORTUNIAK, K.; HANNA, S.; KLEIN, P.; KALKSTEIN, L.S.; LIU, C.H.; NICKSON, A.; PEARLMUTTER, D.; SAILOR, D.; and VOOGT, J. Climate and More Sustainable Cities: Climate Information for Improved Planning and Management of Cities (Producers/ Capabilities Perspective). **Procedia Environmental Sciences**, V.1. pp. 247-274, 2010.

HERATH, H.M.P.I.K; HALWATURA, R.U.; JAYASNGHE, G.Y. Evaluation of green infrastructure effects on tropical Sri Lankan urban contexto as an urban heat island adaptation strategy. **Urban Forestry & Urban Geening**. Ed. 29, pp. 212-222, 2018.

HERZOG, C. P. Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista Labverde** nº 1, pp. 92 – 115, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=35>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

IBGE CIDADES. **Frotas de veículos** Município de São Paulo, 2020. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/pesquisa/22/28120>>. Acesso em 26.2.22

LEITE, V. P.; DEBONE, D. MIRAGLIA, S. G. E. K. Emissões de gases de efeito estufa no estado de São Paulo: análise do setor de transportes e impactos na saúde. **Vittale FURG**, 143 – 153, 2020

LIMA, G, N.; RUEDA, V, O, M. The urban growth of the metropolitan area of Sao Paulo and its impacto n the climate. **Weather and Climate Extremes**. V 21. September. 2018, p 17-26.

LOCOSSELLI, G.M.; MIYAHARA, A.L.; CERQUEIRA, P.; BUCKERIDGE, M.S. Climate drivers of tree fall on the streets of São Paulo, Brazil. **Urban Trees**, 2021. Alemanha: Springer <https://doi.org/10.1007/s00468-021-02145-4>

LOMBARDO, M.A. **Ilha de calor nas metrópoles**. 1ª. ed. São Paulo/SP: Hucitec, 1985.

\_\_\_\_\_. O processo de urbanização e a qualidade ambiental – Efeitos adversos no clima. **Revista Brasileira de Geografia** 52: 161-166, 1990.

\_\_\_\_\_. O uso de geotecnologias na análise das mudanças climáticas na metrópole de São Paulo. *Revista Geográfica de América Central*, ed. 2, 1-19, 2011.

\_\_\_\_\_. A importância dos parques públicos urbanos na saúde e qualidade de vida dos habitantes, no município de São Paulo-SP. Pós doc. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2021.

LOMBARDO, M.A. et al. **Atlas da Vulnerabilidade Socioambiental da Região Metropolitana de São Paulo**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 60p., 2016.

MARQUES, T. H. N.; RIZZI, D.; FERRAZ, V.; HERZOG, C. P. Soluções baseadas na natureza: conceituação, aplicabilidade e complexidade no contexto latino-americano, casos do Brasil e Peru. **Revista LabVerde**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 12-49, 2021. DOI: 10.11606/issn.2179-2275.labverde.2021.189419. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/189419>. Acesso em: 9 fev. 2022.

MARUYAMA, C. M. **Pavimentos brandos para a mitigação das Ilhas de Calor: o caso do Jardim da Luz e seu entorno São Paulo/SP**. Tese (doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2020.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. **Vegetação Urbana**. 2ª ed. Porto Alegre: Editores: L e J Mascaró, 2005.

\_\_\_\_\_. *Ambiência Urbana*. 3. ed. +4 Editora, Porto Alegre (2009).

McPHERSON, E.G., SIMPSON, J.R., PEPER, P.J., XIAO, Q., Benefit-cost analysis of Modesto's Municipal urban forest. **Journal of Arboriculture** 25(5), 235-248 (1999).

MENDES, F. H.; ZANLORENZI, H. C. P.; DOBBERT, L. Y.; PRATA-SHIMOMURA, A. R.; SILVA FILHO, D. F. Alterações microclimáticas na Praça José Bonifácio em Piracicaba ( SP ). In: XVIII Congresso Brasileiro de Arborização Urbana (CBAU), Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 2015. Disponível em < <http://sbau.web2204.uni5.net/Arquivos/21282.pdf>>. Acesso em 19/08/2019.

MENDES, F. H.; SOUSA-CAMILO, A. S.; LOPES, A. M. S.; POLIZEL, J. L.; SILVA FILHO, D. F. ROMERO, H. Comportamiento térmico de diferentes superficies urbanas durante um día cálido de verano. **Revista Geográfica de Valparaíso**, edição 56, pp. 1-8, 2019.

MENDES, M. T. Sequestro de carbono sob a óptica florestal no Brasil. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v.6 n°1, 2012.

MELAZO, G.C. **Mapeamento da cobertura arbóreo-arbustiva em quatro bairros da cidade de Uberlândia-MG**. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 136 f. 2008.

MUROLO, R. P. Estudo para árvore de grande ou médio porte em estacionamento de via. *Figura*. (2022)

MOURA A.C.M., FREITAS C.R., de Freitas V.T., de Sa A.I.A. (2021) Geodesign Using GIScolab Platform: SDI Consumed by WMS and WFS & WPS Protocols in Transformative-Learning Actions in Planning. In: Gervasi O. et al. (eds)

Computational Science and Its Applications –ICCSA 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12954. Springer, Cham. 2021. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-86979-3\\_32](https://doi.org/10.1007/978-3-030-86979-3_32).

MOURA, A. C. M.; FREITAS, C. R. **Brazilian Geodesign Platform: WebGis & SDI & Geodesign as Co-creation and Geo-Collaboration**, Lecture Notes in Computer Science, Springer International Publishing, 2020. Vol. 12252, pp.332-348.

NG, E.; CHEN, L.; WANG, Y.; YUAN, C. A study on the cooling effects of greening in a high-density city : An experience from Hong Kong. **Building and Environment**, v. 47, p. 256–271, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.07.014>>. Acesso em 20/08/2019

NOBRE, C, A. **Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: região metropolitana de São Paulo: relatório final**. Carlos A. Nobre, coordenador. – São José dos Campos, SP: INPE,2011.

PASTERNAK, S.; D’OTTAVIANO, C. **Favelas no Brasil e em São Paulo: avanços nas análises a partir da Leitura Territorial do Censo de 2010**. *Cad. Metrop.* 18(35), São Paulo, 2016. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2016-3504>

PASTERNAK, S.; BOGUS, L.M. **Favelas na Macrometrópole Paulista. XXII SIIU - Seminário Internacional de Investigação em Urbanismo**. São Paulo e Lisboa, 2020. <https://dx.doi.org/10.5821/SIIU.10116>

PREFEITURA MUNICIPAL DA CIDADE DE SÃO PAULO. Geosampa. **Mapa digital da Cidade de São Paulo - MDC**, sem data. Disponível em <[http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/\\_SBC.aspx](http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx)>

ROSENFELD, A. H. *et al.* Cool communities: strategies for heat island mitigation and smog reduction. **Energy and Buildings**, v. 28, n. 1, p. 51–62, 1998.

SAMORA-ARVELA, André et al. Infraestrutura verde e alterações climáticas: um contributo para a mitigação e adaptação do território às alterações climáticas. **XV Colóquio Ibérico de Geografia. Retos y tendencias de la Geografía Ibérica**, p. 376-381, 2016.

SÃO PAULO (Prefeitura): Plano Municipal de Arborização Urbana. Secretaria do Verde e Meio Ambiente (2020).

SÃO PAULO (Prefeitura), Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (Org.): **Caderno de bacia hidrográfica: córrego Jaguaré**. SIURB/FCTH, São Paulo (2016).

SÃO PAULO (Prefeitura), Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento (SMUL). **Catálogo de Intervenções Urbanas Território CEU**. Disponível em: <<https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/rede-de-equipamentos/territorios-ceu/arquivos/>> .Acesso em: 20 março. 2022

SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M. E. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. **Energy and Buildings**, v. 31, p. 221–235, 2000.

SILVA, E.M.F.; BENDER, F.; MONACO, M.L.S.; SMITH, A.K.; SILVA, P.; BUCKERIDGE, M.S.; ELBL, P.M.; LOCOSSELLI, G.M. Um novo ecossistema: florestas urbanas construídas pelo Estado e pelos ativistas. **Estudos Avançados** 33(97), pp. 81-101, 2019. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2019.3397.005>

SILVA, L. F. **Situação da arborização Viária de espécies para os bairros Antônio Zanaga I e II, da Cidade de Americana/SP**, 2005. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SILVA FILHO, D. F.; TOSETTI, L. L. Valoração das árvores no Parque do Ibirapuera-SP: Importância da infraestrutura verde urbana. Revista **LabVerde**, n. 1, p. 11-25, 2010.

STEINITZ, C.: **A framework for Geodesign: changing geography by design**. ESRI Press, Redlands 2012.

SPAWN, S.A.; H.K. GIBBS. 2020. **Global Aboveground and Belowground Biomass Carbon Density Maps for the Year 2010**. ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, USA.

STEINITZ, C.: **A framework for Geodesign: changing geography by design**. ESRI Press, Redlands 2012.

TORRES, H.; ALVES H.; OLIVEIRA, M.A. São Paulo peri-urban dynamics: some social causes and environmental consequences. **Environment & Urbanization** 19(1), pp. 207-223, 2007. <https://doi.org/10.1177/0956247807076784>

YOUNG, A.F.: Urban expansion and environmental risk in the São Paulo Metropolitan Area. **Climate Research** 57, pp.73-80, 2013.

WALKER, A.P.P.; ALACRÓN M.A.: The competing social and environmental functions of private urban land: the case of an informal land occupation in São Paulo’s South Periphery. **Sustainability** 10(11), 4160, 2018. <https://doi.org/10.3390/su10114160>

### O potencial didático do Geodesign para a análise da Região Metropolitana de Campinas/SP: uma experiência com a pós-graduação em Geografia

Andréia Medinilha Pancher  
Tiago Oyan Aguiar  
Marcelo Costa

#### Introdução

A aplicação da metodologia de Geodesign não é recente, mas, nos últimos tempos, ela passou a ser utilizada como uma abordagem para integrar a ciência geográfica ao processo de design, sendo em parte um produto de inovações contínuas em tecnologias geoespaciais, associado ao apelo ambiental do Geodesign para a melhoria da sustentabilidade relativa aos futuros desenvolvimentos urbanos e rurais (PARADIS; TREMLB; MANONE, 2013).

Segundo Miller (2012), Geodesign é o processo de pensamento que compreende a criação de uma entidade no espaço geográfico (*geo-scape*). Assim, o autor destaca que o design consiste no processo de projetar (criar ou modificar) alguma porção ou característica do meio ambiente, natural ou artificial, no contexto do espaço geográfico. Nessa perspectiva, o Geodesign permite fazer ligações a um conjunto diverso de informações próprias de várias áreas do conhecimento, oferecendo um ambiente informacional multidisciplinar para a elaboração do design em sua totalidade.

O Geodesign é um processo colaborativo e interativo, com objetivo de promover a avaliação de regiões de interesse, propondo mudanças que podem ser discutidas e aperfeiçoadas durante a etapa de planejamento (WARREN-KRETZSCHMAR et al., 2016). Esse processo está baseado em uma metodologia de planejamento e de tomadas de decisão, considerando as características naturais e culturais da área de estudo (HADDAD et al., 2021). Além disso, o Geodesign permite a organização de grupos ou de equipes em oficinas que preservam a multidisciplinariedade, influenciando positivamente no arranjo focado no escopo e na complexidade do trabalho em equipe, assim como na coordenação das tarefas individuais (STEINITZ, 2012). Portanto, a colaboração interdisciplinar é um conceito muito importante para o Geodesign, uma vez que a abordagem metodológica integrada à tomada de decisão facilita a discussão e a

avaliação dos possíveis impactos de escolhas de design pelas partes interessadas (HADDAD et al., 2021).

Para Warren-Kretzschmar et al. (2016), o Geodesign tem se mostrado uma alternativa eficiente para trabalhos com grupos interdisciplinares de especialistas, com governantes e estudantes universitários. Ele veio sendo apontado em vários estudos como uma metodologia que auxilia o desenvolvimento de cenários para mudanças futuras, bem como a negociação e a tomada de decisão entre os participantes. Alguns trabalhos que apoiam essa linha de interpretação podem ser observados em Thanatemanerat (2015), que desenvolveu e testou com alunos uma estrutura de Geodesign para a qualidade da água; Pettit et al. (2019), que apresentaram estudos de Geodesign em universidades da Austrália; e Muller e Flohr (2016), que realizaram um estudo do curso de Geodesign na Universidade do Colorado, avaliando o trabalho dos alunos e as práticas para o ensino. Esse estudo, apesar de ter encontrado alguns obstáculos, mostrou em seus resultados que, para muitos alunos, as práticas de Geodesign em sala de aula podem aprimorar as habilidades analíticas.

Assim, pode-se observar que o processo proposto pelo Geodesign acarreta um ganho para os estudantes, que, por sua vez, se tornam responsáveis pela identificação do problema, realizando uma abordagem metodológica e produzindo aspectos de gestão do projeto, além dos pequenos grupos, que promovem a experiência de liderança de equipes (STEINITZ, 2012). Observa-se, então, que as experiências educacionais que utilizam a estrutura do Geodesign como ferramenta pedagógica começam a se consolidar nas instituições de ensino (HADDAD et al., 2021).

Muller e Flohr (2016) enfatizam o Geodesign como uma estratégia para auxiliar os alunos a solucionar problemas urbanos e paisagísticos urgentes, dentre os quais se destacam: mudanças climáticas, sustentabilidade e qualidade ambiental e justiça. De acordo com os autores, diversos problemas podem ser representados, descritos e analisados usando informações geográficas. Nesse contexto, a geografia fornece uma estrutura integradora para conceitos relativos à sobreposição de informações ambientais, à medida morfológica e ao método de Steinitz (2012), que combina cenários de projeto com avaliação de impacto. Também, o Geodesign utiliza tecnologias digitais de modo integrado.

O Geodesign é interdisciplinar, demandando um esforço coletivo de visões acadêmicas para auxiliar na solução de desafios contínuos de uso da terra, ambientais e populacionais, os quais são muito complexos para uma única disciplina. Essa característica cria uma oportunidade profícua para incentivar a comunicação interdisciplinar e o trabalho em equipe entre alunos e professores. (PARADIS; TREMLB; MANONE, 2013).

Diante do exposto, o objetivo fundamental deste capítulo é analisar o potencial didático do Geodesign para o ensino no nível de pós-graduação em Geografia, visando à análise das características físico-naturais e antrópicas da área de estudo para a cocriação de ideias, a fim do adequado uso do território da Região Metropolitana de

Campinas (RMC), na perspectiva do desenvolvimento sustentável, com suporte às geotecnologias.

### **O potencial do geodesign para o ensino superior**

O Geodesign se apoia nos recursos oferecidos pelos Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Os SIG possibilitam desenvolver um processo colaborativo de decisões na forma de codesign, o que significa elaborar em equipe ideias para a adequada gestão de uma área de interesse. Nesse sentido, as funcionalidades do SIG são utilizadas em todas as etapas do processo, que se inicia com a caracterização da área de estudo e finaliza com a elaboração de ideias. (MOURA, 2019).

Nesse contexto, o Geodesign também se mostra como abordagem didática potencial para o ensino e aprendizagem no nível superior, tanto na graduação como na pós-graduação, pois permite o trabalho coletivo e a integração de diferentes experiências acadêmicas e profissionais para a cocriação de ideias, buscando a adequada gestão do território, de modo colaborativo. Segundo Steinitz (2012), é muito importante para o ensino e para a didática praticados no Geodesign levar em consideração as experiências pessoais dos participantes, os conhecimentos obtidos previamente e o estudo da história e antecedentes. O autor defende que a didática do Geodesign não pode funcionar corretamente sem os *insights* do conhecimento passado. Para que seja possível colocar em prática tais premissas, existem seis abordagens de trabalho.

A primeira abordagem é relacionar o Geodesign a uma história profissional. Na visão do autor, essa abordagem pode não ser tão interessante, pois o trabalho será cada vez mais influenciado pela sociedade. A segunda abordagem enfoca os períodos históricos – o que também pode não ser tão eficiente para que os estudantes compreendam adequadamente o que tem sido testado e alcançado. A terceira abordagem se relaciona com o estudo da história por meio das pessoas referências, sendo necessário levar em consideração as realizações dos indivíduos. Porém, não é interessante que exista uma fixação à pessoa referência, para não gerar uma visão egocêntrica. A quarta, quinta e sexta abordagens apresentam três princípios muito importantes para o estudo, relacionados com o lugar, com o protótipo e com a situação. O lugar é uma forma efetiva para apresentação da área de estudo, levando em consideração o desenvolvimento histórico socioambiental, econômico e físico. O protótipo está relacionado com as estratégias de conservação, com os programas de controle e com as redes de distribuição, relacionando o estudo histórico com problemas tratados e suas soluções. A situação é a última abordagem destacada, pois a realidade é um componente importante no estudo, observando os princípios organizadores, a área de estudo, as questões levantadas, os processos de análise, as soluções propostas, a implementação e a retrospectiva de seus efeitos. (STEINITZ, 2012).

A partir dessas abordagens, é possível perceber que o Geodesign não é algo “travado” no tempo. Pelo contrário, sofre, frequentemente, adaptações no contexto social e acadêmico de ensino da Geografia, demandando um conhecimento geral da história e do contexto em que está inserido. Portanto, a preparação, a apresentação e a

comparação do estudo de caso é muito importante para o ensino do Geodesign. De uma perspectiva acadêmica, pode-se aplicar a metodologia em diferentes níveis de ensino (STEINITZ, 2012).

Para Steinitz (2012), o nível acadêmico mais apropriado de ensino do Geodesign é o mestrado, contando com o apoio de um programa acadêmico bem estruturado, visando à manutenção e à colaboração de diferentes experiências. Nessa linha, o autor propõe três modalidades de aulas: tempo integral (ideal que o curso tivesse uma duração de pelo menos dois anos), tempo parcial (ideal que o curso tivesse uma duração de três a quatro anos) e *online* (que, além de ser mais flexível, oferece aos alunos muitas oportunidades de investigação e de experimentação). Para esse programa de ensino, a academia deve contar, preferencialmente, com um grupo de professores que reflita a natureza colaborativa do ensino, inclusive integrando mais de um departamento ou escola.

Em razão de sua natureza interdisciplinar, a educação em Geodesign provavelmente exigirá combinações dos seguintes conhecimentos, habilidades e perspectivas: geografia e ciências geoespaciais; uma ou mais profissões de design; técnicas geoespaciais, principalmente SIG, ecologia e sustentabilidade; além da participação pública e das habilidades de comunicação. Apesar de o conhecimento e da compreensão do conteúdo acadêmico tradicional ainda fornecer uma base essencial para o aprendizado do aluno, a educação em Geodesign eficiente demandará abordagens práticas, aplicadas e baseadas em habilidades que encorajem capacidades de aprendizagem e de resolução de problemas. Nessa perspectiva, os alunos "fazem" Geodesign, não apenas assistindo-o passivamente. Assim, o ensino é focado no aluno – portanto, o papel do professor é diferente. Os professores tornam-se mais engajados à medida que orientam, facilitam e projetam experiências de aprendizagens relevantes, para além do tradicional (PARADIS; TREMLB; MANONE, 2013). A tabela 1 evidencia uma comparação entre abordagens de ensino, sendo uma tradicional, com foco no professor, e a outra, centrada no aluno. Por fim, há uma terceira, baseada no ensino de Geodesign com foco no aluno.

Tabela 1: Comparação de abordagens centradas no professor e no aluno com aplicações sugeridas para ensino de Geodesign

<b>Paradigma centrado no professor</b>	<b>Paradigma centrado no aluno</b>	<b>Geodesign centrado no aluno</b>
Conhecimento transmitido passivamente de professor para alunos	Os alunos constroem ativamente conhecimento através da coleta e síntese das informações, demonstrando por meio de habilidades e projetos acadêmicos	Os alunos interpretam conjuntos de dados, conduzem trabalhos de campo e coletam informações do público, constroem geograficamente mapas no Sistema de Informações Geográficas (SIG), visualizações tridimensionais (3D), monitoram apresentações de pesquisa, plantas do local, etc.

Ênfase na aquisição de conhecimento fora de seu contexto	Ênfase no uso e na Comunicação de conhecimento de forma eficaz para resolver problemas em contextos da vida real	Os projetos focam na interpretação e entendimento da comunidade da vida real e problemas globais e comunicam informações relevantes através da Cartografia, 3D e cenários
O papel do professor é fornecer informações primárias e avaliar	O papel do professor é orientar e facilitar	Professor fornece exemplos relevantes, padrões, orientações e feedback regular aos alunos trabalhando com mapeamentos aplicados, pesquisas e trabalhos de design
Ensinar e avaliar são separados e somativos	Ensinar e avaliar são entrelaçados e formativos	Os alunos praticam e demonstram sua pesquisa, comunicam habilidades de design por meio de projetos avaliados regularmente com intervalos ao longo do processo
A avaliação é usada para monitorar o aprendizado	A avaliação é usada para promover e diagnosticar o aprendizado	Ferramentas de avaliação, como pontuação rubricas fornecem consistência e feedback regular sobre pesquisa de Geografia, mapeamento e projetos de design para promover melhorias
A ênfase está em respostas diretas	A ênfase está em gerar melhores perguntas e aprender com os erros	Os alunos aprendem a perguntar de forma inteligente, perguntam para fornecer informações do contexto, usando simulação
O aprendizado desejado é avaliado principalmente através de forma objetiva testes pontuados	A aprendizagem desejada é avaliada diretamente através de documentos, projetos, performances, cartazes, portfólios e similares	Os alunos são avaliados em suas habilidades para integrar espaço e conhecimento ambiental em produtos autênticos como 3D dioramas, mapas GIS, pesquisa cartazes, apresentações simuladas para a cidade equipe, planos de site, mídia social, etc.
O foco está em apenas uma disciplina	A abordagem é compatível com investigação interdisciplinar	Os alunos transitam por um currículo interdisciplinar que integra conhecimentos e habilidades de geografia, geotécnicas, uma ou mais profissões de design e comunidade de desenvolvimento sustentável
A cultura é competitiva e individualista	A cultura é cooperativa, colaborativa, solidária e inclusiva	Os alunos trabalham em equipe para colaborar construtivamente, aprender uns dos outros no campo, e considerar e questionar abordagens criativas de pares para projetar lugares mais habitáveis
Apenas os alunos são vistos como aprendizes	Professores e alunos aprendem juntos	Os professores estimulam os alunos a pesquisar e compartilhar seus próprios conhecimentos sobre as pessoas e

		lugares que fornecem contexto para uma variedade de cenários de design futuros
A ênfase está em transmitir conteúdo disciplinar e material de cobertura	A ênfase está no aprendizado do pensar crítico, avaliar e habilidades de alfabetização informacional que promovem a aprendizagem ao longo da vida	Os alunos aprendem geotecnologias específicas e métodos de pesquisa para permitir a adaptabilidade a futuras abordagens de Geodesign e aplicativos de computador

Fonte: Paradis, Trembl e Manone (2013, p. 286-287).

Com base nos dados da tabela 1, verifica-se que as abordagens centradas no aluno e em Geodesign oferecem oportunidades para os graduandos ou pós-graduandos atuarem como protagonistas da análise das características da área de interesse, bem como para a cocriação de propostas, visando ao adequado uso das terras, ao planejamento das atividades antrópicas, à melhoria da Qualidade Ambiental Urbana e ao desenvolvimento sustentável, dentre outras metas. Nesse viés, os discentes têm maior liberdade para aproveitar suas experiências acadêmicas e profissionais, além de suas vivências, junto à comunidade analisada. Ainda, ampliam suas experiências com o trabalho em equipe, de modo multidisciplinar e colaborativo, à medida que o Geodesign também conta com a participação de outros atores do território estudado, como moradores e gestores públicos. Vale ressaltar que os conhecimentos em geotecnologias são ampliados, pois as informações são organizadas em camadas, em ambiente de SIG, havendo a possibilidade de acessar outras plataformas, como o *Google Earth* ou o *Google Maps*, por exemplo.

### Experiências educacionais com uso de Geodesign

Holanda e Carreiro (2018), ao considerarem o desenvolvimento das paisagens urbanas e, conseqüentemente, o aumento de sua complexidade, afirmam que novas estratégias de compreensão, de representação e de simulação são necessárias, refletindo diretamente no ensino. A constante mudança do espaço geográfico torna necessárias novas formas de análise desse espaço. Logo, “[...] falta uma metodologia conjunta e integrativa que possibilite o planejamento dos conteúdos e conduza o trabalho colaborativo entre os responsáveis pelas disciplinas do curso.” (HOLANDA; CARREIRO, 2018, p. 2 – tradução nossa).

Diante dessa realidade, Steinitz (2020) afirma que, para atender às necessidades da sociedade atual, é preciso que o conhecimento especializado seja somado às habilidades de colaboração de Geodesign, em que as profissões não devem ficar restritas às suas escalas e competências. Ao refletir sobre Geodesign e Educação, Steinitz (2020) discute que é preciso uma revolução educacional para que tenhamos amplo conhecimento, pressupostos e linguagem compartilhada. Segundo o autor, mesmo que a profundidade de pesquisa, de ensino e de aplicação sejam necessárias, a

amplitude e a colaboração criativa são também essenciais, devendo ser institucionalizadas.

Assim, o Geodesign pode ser aplicado para análises e para a reestruturação dos currículos de disciplinas, com objetivo de permitir estudos multidisciplinares e sistêmicos, colaborando para sua institucionalização. Também, pode ser aplicado e adaptado como metodologia nas salas de aulas presenciais e *online*, aproveitando suas principais características: uso de geoinformação; trabalho em equipe, de modo colaborativo; cocriação de ideias, baseadas no conhecimento do território, bem como na experiência pessoal, acadêmica e profissional; multidisciplinaridade; e análise sistêmica.

Ao escolherem o Geodesign como metametodologia – processo responsável por sistematizar uma metodologia –, Holanda e Carreiro (2018) frisam que este não é uma metodologia para ser seguida passo a passo, apenas. O seu planejamento deve ser organizado e adaptado considerando a realidade na qual será aplicado, com a finalidade de atender aos principais problemas ou desafios. Os autores analisaram o currículo do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco (CAU/UFPE), tendo como principal objetivo organizar os conteúdos e os produtos das disciplinas, promovendo maior integração e contribuindo para que os objetivos do conjunto de disciplinas fossem mais claros e mais bem definidos.

Entretanto, o Geodesign pode também ser aplicado como metodologia nas práticas de ensino de disciplinas de graduação e pós-graduação. Fisher (2016) sustenta que o Geodesign sugere uma nova pedagogia, já que permite, através de uma abordagem geoespacial, o trabalho colaborativo de alunos de diferentes disciplinas em prol da mesma problemática. Na experiência relatada pelo autor, o Geodesign foi inserido na essência das práticas cotidianas da Universidade de Minnesota, com intuito de disseminar o pensamento de Geodesign.

[...] as universidades precisam enfrentar grandes desafios não de uma perspectiva disciplinar, mas de uma perspectiva interdisciplinar, integrativa e geográfica. Ao estudar como grandes desafios ocorrem em um determinado lugar, acreditamos que as universidades e as comunidades provavelmente encontrarão soluções e verão conexões entre esses desafios e ajudarão os alunos a entender o mundo, não como fenômenos separados e distintos, mas como um todo integrado. O Geodesign em todo o currículo também pode aumentar o engajamento recíproco entre universidades e comunidades, envolvendo as pessoas no processo de imaginar um futuro melhor e comunicando-se com diversas populações por meio de mapas e imagens 3D que podem superar diferenças culturais e barreiras linguísticas. (FISHER, 2016, p. 21 – tradução nossa).

O estudo supracitado registrou a aplicação do Geodesign, evidenciando que não é preciso ter um curso integralmente voltado ao estudo do Geodesign, mas é viável inserir suas práticas como metodologia. Outra experiência relevante foi relatada por Pancher et al. (2021), que realizou um workshop de Geodesign voltado ao

desenvolvimento coletivo de propostas para Região Metropolitana de Campinas (São Paulo, Brasil) com alunos de pós-graduação. A partir dessa experiência, os autores destacam que a utilização do Geodesign como metodologia de ensino nas práticas de uma disciplina permitiu alcançar resultados satisfatórios. A fim de aprofundar as análises dessa relação de Geodesign e educação, nos próximos tópicos discutir-se-á, com mais detalhes, a experiência de Pancher et al. (2021).

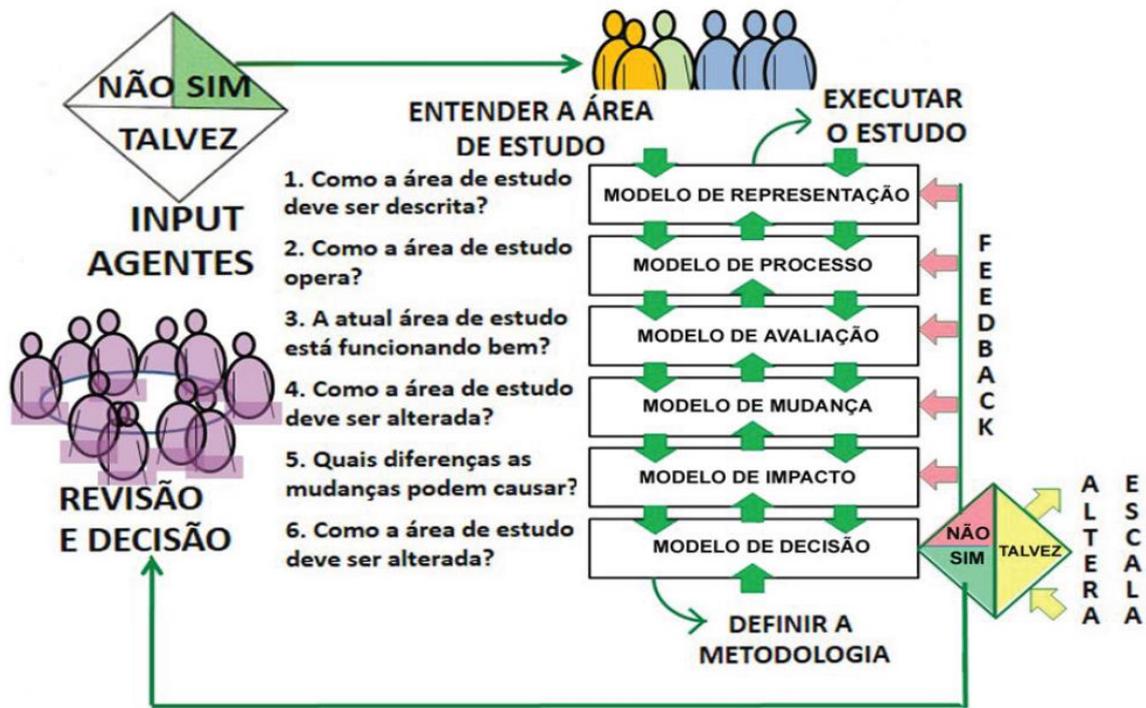
### **Estratégias metodológicas para a aplicação da abordagem de Geodesign no ensino superior**

O Geodesign é subsidiado e composto por um conjunto de questões e métodos necessários para resolver amplos, complexos e relevantes problemas de design, em variadas escalas geográficas, podendo abranger desde um bairro, até uma cidade, uma paisagem ou uma bacia hidrográfica (STEINITZ, 2012). No caso deste estudo, a metodologia de Geodesign foi aplicada no âmbito da disciplina “Análise de Qualidade de Vida em Áreas Urbanas: suporte das geotecnologias para a integração de dados temáticos”, do programa de pós-graduação em Geografia da UNESP de Rio Claro, São Paulo, tendo também, a participação de dois estudantes do programa de pós-graduação em Geociências da UNICAMP de Campinas, São Paulo. O desenvolvimento de todo o workshop aconteceu virtualmente por meio de encontros no *Google Meet*, devido às restrições sanitárias do COVID-19, que impossibilitou as atividades acadêmicas presenciais.

O método Geodesign permite integrar os sistemas de SIG às técnicas de análise espacial, baseadas na produção de visualizações, de simulações e de modelos da realidade físico-territorial. Nesse sentido, à dimensão geográfica, “geo”, é aliada a natureza propositiva das práticas de design (GOODCHILD, 2010). Para tanto, são utilizadas camadas de dados cartográficos contendo dados físico-naturais e antrópicos sobre o território de interesse, respaldando a elaboração de propostas de usos mais compatíveis com a realidade. Tais camadas são analisadas de modo integrado, servindo de subsídios para a elaboração de propostas coletivas (*codesign* ou codesenho) para a minimização de problemas ambientais e para a otimização do uso da terra numa perspectiva sustentável, dentre outras propostas.

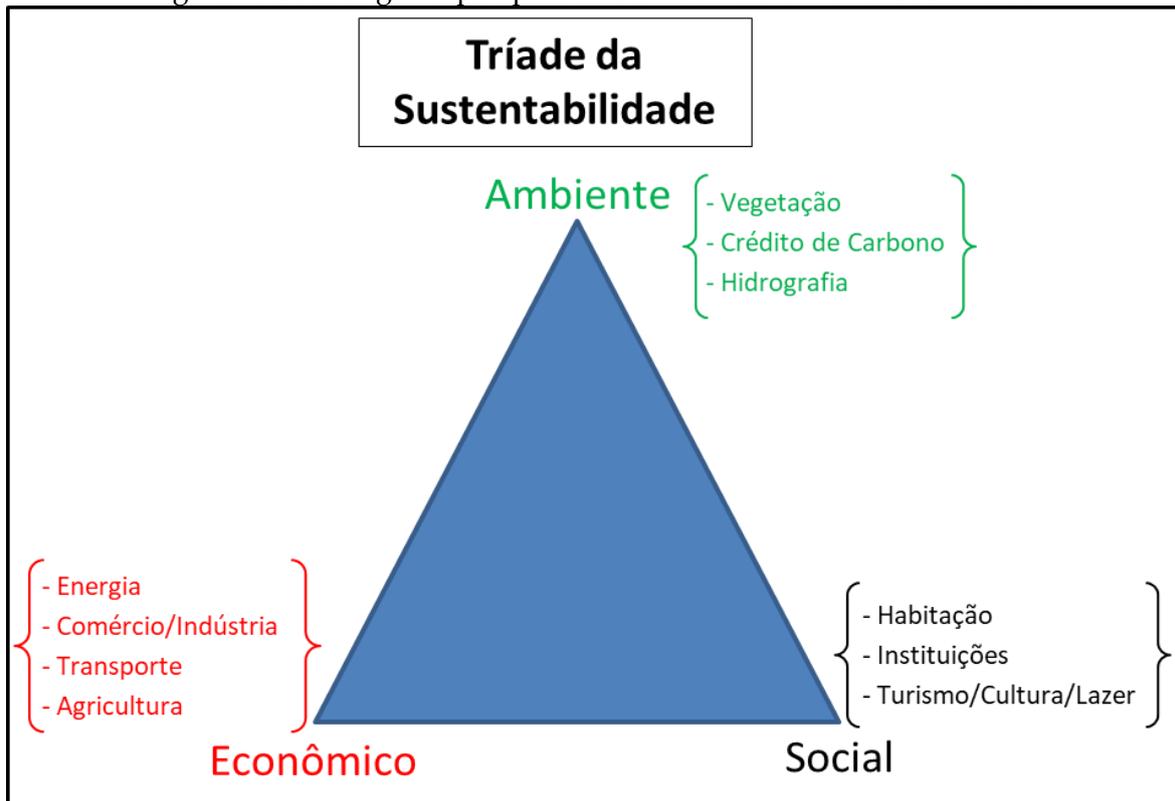
Para a aplicação do Geodesign visando à elaboração de propostas coletivas de mudanças e melhorias do território, é importante considerar o *framework* proposto por Steinitz (2012). Esse *framework* diz respeito às etapas metodológicas, baseadas em seis perguntas que devem ser feitas pelo grupo de trabalho. Tais perguntas devem ser repetidas no mínimo três vezes, formando iterações que se retroalimentam e que geram diferentes modelos do território, até a negociação de uma proposta final (Figura 1).

Figura 1: Estrutura de Geodesign proposta



Fonte: Steinitz (2012, p.25).

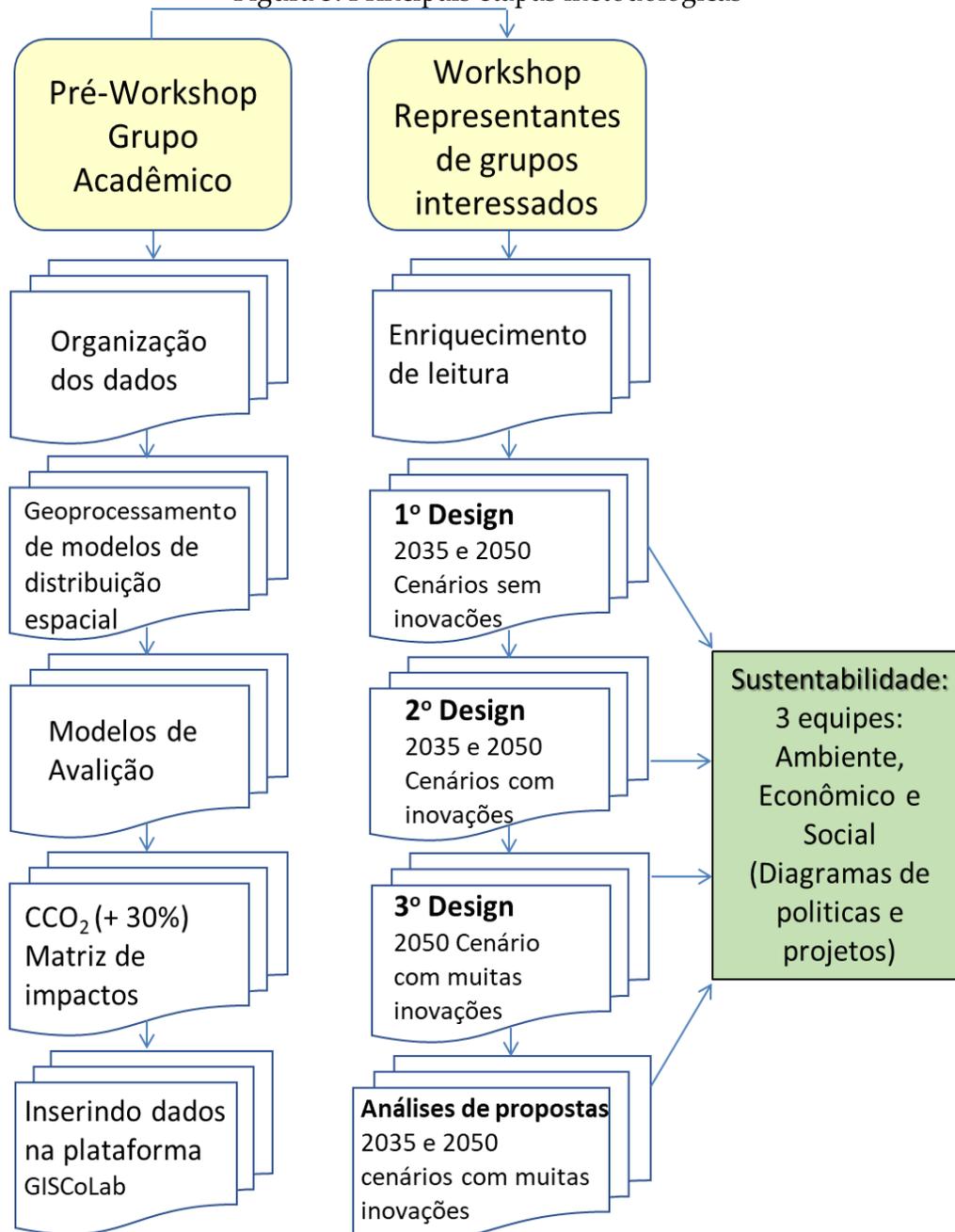
Figura 2: Geodesign na perspectiva do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: Adaptado de Pancher et al. (2021).

Ao longo desse processo, são gerados seis modelos: de representação, de processo, de avaliação, de mudança, de impacto e de decisão, os quais devem ser amplamente dialogados para atingir um acordo coletivo final. Nos tópicos subsequentes, será apresentada a abordagem desses modelos pelo workshop de Geodesign da RMC, além das alterações necessárias para adequar o quadro metodológico à realidade considerada. Vale salientar, também, que o workshop da RMC foi realizado na perspectiva do desenvolvimento sustentável (Figura 2). A figura 3 apresenta as etapas metodológicas adotadas neste estudo.

Figura 3: Principais etapas metodológicas



Fonte: Pancher et al. (2021, p. 479).

O ambiente informacional utilizado para a inserção e para a análise dos mapas temáticos, bem como para a elaboração e para a avaliação das propostas, foi a plataforma GISColab (FREITAS, 2020). Essa plataforma foi desenvolvida em parceria com pesquisadores do GEOPROEA, entre 2015 e 2018, através da realização de vários estudos de caso de Geodesign e de cocriação de ideias para o território. Com base nos resultados dessas, experiências o grupo propõe o desenvolvimento de uma plataforma brasileira, a fim de adequar algumas questões identificadas, destacando o problema de indução de consensos ou da pequena oportunidade para participação nos estágios iniciais dos processos (PANCHER et al., 2021).

Além dos procedimentos metodológicos já destacados, para a análise do potencial didático do Geodesign, como objetivo principal deste capítulo, consideramos também os níveis de ensino e de aprendizagem no Geodesign, de Steinitz (2012), apresentados na Figura 4.

Figura 4: Níveis de ensino e aprendizagem no Geodesign

Nível de Investigação	Nível de Educação		
	Profissional ↓ Problema dado	Pós-Profissional ↓ Problema selecionado	Profissional Investigador ↓ Problema procurado
I - MODELO DE REPRESENTAÇÃO	introduzido Básico	especializado em profundidade	inventado experimental
II - MODELO DE PROCESSO	conhecimento comum regras básicas	pesquisado esquemático	empírico replicável
III - MODELO DE AVALIAÇÃO	como se diz simples	Como experimentado julgamento	como pensado informado
IV - MODELO DE MUDANÇA	precedente arquétipo	experiência adaptações	hipóteses inovação
V - MODELO DE IMPACTO	casos de estudo suposição razoável	modelos formais racional	experimentos evidência
III - MODELO DE DECISÃO	profissão + faculdade conservador	faculdade + mentor especulativo	mentor + teoria própria
	Método dado ↑	Método selecionado ↑	Método criado ↑

Fonte: Steinitz (2012, p.193).

Analisando-se a Figura 4, é possível compreender como as questões e os níveis de ensino podem interagir para facilitar a aprendizagem. Assim, para estudantes de graduação, a ênfase está em aspectos basais da teoria e do método; já para um nível de mestrado, tem-se uma abordagem que reconhece a diversidade de métodos e a necessidade de adaptar a abordagem de Geodesign ao problema. Posteriormente, para um nível de doutorado, a pesquisa, a investigação e a prática criativa estão relacionados com a teoria atual, com seus métodos e suas práticas (STEINITZ, 2012).

No final do workshop, foram aplicados dois questionários com questões abertas e fechadas (Tabela 2 e 3) na modalidade *online* (*Google Forms*). O primeiro, constituído de 31 perguntas, teve como finalidade identificar o entendimento dos participantes em relação ao método de Geodesign e suas principais etapas, desde a análise inicial dos dados, até o momento de cocriações. O questionário permitiu, também, que os participantes colaborassem com sugestões de camadas de dados a serem inseridas em novos workshops, assim como registrando demais comentários relevantes. O segundo, constituído de 9 perguntas, foi desenvolvido e aplicado para contribuir com este trabalho, que, por relacionar Geodesign e Educação, demandou maior conhecimento das áreas de formação dos participantes do workshop, assim como de suas experiências com geotecnologias. Ao todo, obtivemos respostas de 11 participantes no primeiro questionário e de 9 participantes no segundo, permitindo contribuições significativas.

Tabela 2: 1º Questionário aplicado ao final do workshop

Perguntas	Tipo de Resposta
1) Indique a sua Região Metropolitana	Texto Livre
2) Qual é a sua vinculação?	
3) Antes do workshop eu já conhecia o processo de Geodesign.	Discordo Totalmente
4) Antes do workshop, na qual trabalhamos uma Região Metropolitana, eu já conhecia as características principais do território.	
5) Depois de finalizado o workshop, acredito que meu conhecimento sobre Geodesign foi ampliado.	
6) Depois de finalizado o workshop, eu acredito que meu conhecimento e interesse sobre a área de estudo foram ampliados.	
7) Para mim, foi fácil usar a plataforma GISColab na etapa de ANOTAÇÕES.	Discordo
8) Para mim, foi importante receber uma ampla coleção de informações através dos mapas para a participação no processo.	Não estou certo
9) Na etapa de ENRIQUECIMENTO DE LEITURA, quando percorremos os mapas, indique os que você NÃO usou e nem consultou	Concordo
10) Caso queira, indique camadas que gostaria que estivessem disponíveis	Concordo Totalmente
	Texto Livre

11) Para mim, foi fácil usar a plataforma GISColab na etapa de DIÁLOGOS, na proposição de ideias.	Discordo Totalmente Discordo Não estou certo Concordo Concordo Totalmente	
12) Para mim, foi fácil usar a plataforma GISColab na etapa de DIÁLOGOS, no registro de opiniões sobre as ideias e na votação.	Discordo Totalmente Discordo Não estou certo Concordo Concordo Totalmente	
13) Suas contribuições (anotações e diálogos) foram em locais que você poderia dizer ter laços afetivos (positivos ou negativos) relacionados a suas vivências?	Em nenhuma das contribuições Em algumas contribuições Na maioria das contribuições Em todas as contribuições	
14) Caso suas escolhas tenham sido norteadas por laços afetivos (positivos ou negativos) relacionados a suas vivências, avalie se identificou algum dos sentimentos: [Pertencimento]	Nenhum  Baixo  Intermediário  Alto  Muito Alto	
15) Caso suas escolhas tenham sido norteadas por laços afetivos (positivos ou negativos) relacionados a suas vivências, avalie se identificou algum dos sentimentos: [Agradabilidade]		
16) Caso suas escolhas tenham sido norteadas por laços afetivos (positivos ou negativos) relacionados a suas vivências, avalie se identificou algum dos sentimentos: [Insegurança]		
17) Caso suas escolhas tenham sido norteadas por laços afetivos (positivos ou negativos) relacionados a suas vivências, avalie se identificou algum dos sentimentos: [Contraste]		
18) Caso suas escolhas tenham sido norteadas por laços afetivos (positivos ou negativos) relacionados a suas vivências, avalie se identificou algum dos sentimentos: [Atratividade]		
19) Caso suas escolhas tenham sido norteadas por laços afetivos (positivos ou negativos) relacionados a suas vivências, avalie se identificou algum dos sentimentos: [Repulsividade]		
20) Caso suas escolhas tenham sido norteadas por laços afetivos (positivos ou negativos) relacionados a suas vivências, avalie se identificou algum dos sentimentos: [Permanência]		
21) Caso suas escolhas tenham sido norteadas por laços afetivos (positivos ou negativos) relacionados a suas vivências, avalie se identificou algum dos sentimentos: [Movimento]		
22) Entendi as lógicas de NON-ADOPTER (sem inovação), LATE-ADOPTER (com inovação) e EARLY-ADOPTER (com muita inovação)		Discordo Totalmente Discordo Não estou certo Concordo Concordo Totalmente
23) Eu entendi o processo de Geodesign em suas etapas.		Discordo Totalmente Discordo Não estou certo Concordo Concordo Totalmente
24) Você colocou suas propostas na etapa de Enriquecimento de Leitura, através de anotações?	Sim ou não	
25) Você colocou suas propostas na etapa de "Sem Inovações", através de ideias?		
26) Você colocou suas propostas na etapa de "Com Inovações", através de ideias?		

27) Você colocou suas propostas na etapa de "Muitas Inovações", através de ideias?	Texto Livre
28) Você já havia participado de algum workshop de Geodesign em outra plataforma digital ou processo manual?	
29) Na sua opinião, quais são as potencialidades do Geodesign?	
30) Na sua opinião quais são as vulnerabilidades do Geodesign?	
31) Você tem algum comentário adicional sobre o processo de Geodesign?	

Fonte: Os autores.

Tabela 3: 2º Questionário aplicado posteriormente ao workshop para obter dados complementares

Perguntas	Tipo de Resposta
1) Qual curso de graduação você realizou?	Texto Livre
2) Qual curso de mestrado você realizou ou está realizando?	
3) Qual o tema da sua pesquisa de mestrado?	
4) Qual doutorado você cursou ou está cursando? (caso não esteja cursando, desconsidere)	
5) Qual o tema da sua pesquisa de doutorado? (caso não esteja cursando, desconsidere)	
6) Você tem experiência com Geotecnologias?	Discordo Totalmente Discordo Não estou certo Concordo Concordo Totalmente
7) Caso tenha experiência, informe com quais plataformas.	Texto Livre
8) Já usou alguma geotecnologia para o ensino?	
9) Caso tenha utilizado, descreva um pouco da sua experiência - participação, pontos positivos e negativos.	

Fonte: Os autores.

### Caracterização da Região Metropolitana de Campinas (RMC)

A área selecionada para a aplicação da abordagem de Geodesign foi a região metropolitana de Campinas (RMC), localizada na porção centro leste do estado de São Paulo. A RMC foi criada em 19 de junho de 2000, determinada pela Lei Complementar nº 870. Desde 2013, é composta por 20 municípios.

O objetivo da criação dessa região foi integrar e organizar o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum, destacando-se o uso do solo, transporte e o sistema viário regional, habitação, saneamento básico, meio ambiente e atendimento social

(saúde, educação e segurança pública). É hoje uma das mais importantes regiões do país, não apenas por sua força econômica, mas também por se tratar de um dos mais importantes polos tecnológicos brasileiros (CUNHA; FALCÃO, 2017, p. 9).

A RMC abriga 3.304.338 habitantes. Desse total populacional, 2.725.293 pessoas vivem na área urbana e 71.844 na área rural. A área ocupada por essa região é de 3.644,9km<sup>2</sup>; portanto, a densidade demográfica é de 767,40 hab./km<sup>2</sup> (estimativa IBGE, 2021) (tabela 4).

Tabela 4: População estimada dos municípios da região metropolitana de Campinas/SP

Município	População (2010)	Pop. Estimada (2020)	Área (km <sup>2</sup> )	Dens. Dem. (hab./km <sup>2</sup> )
Americana	210.638	242.018	133,91	1.807,29
Artur Nogueira	44.177	55.340	178,03	310,85
Campinas	1.080.113	1.213.792	794,57	1.527,61
Cosmópolis	58.827	73.474	154,66	475,05
Eng. Coelho	15.721	21.249	109,94	193,28
Holambra	11.299	15.272	65,58	232,89
Hortolândia	192.692	234.259	62,42	3.752,95
Indaiatuba	201.619	256.223	311,545	822,43
Itatiba	101.471	122.581	322,28	380,36
Jaguariúna	44.311	58.722	141,39	415,32
Monte Mor	48.949	60.754	240,57	252,54
Morungaba	11.769	13.781	146,75	93,91
Nova Odessa	51.242	60.956	73,79	826,07
Paulínia	82.146	112.003	138,78	807,05
Pedreira	41.558	48.463	108,82	445,35
Sta Bárbara D'Oeste	180.009	194.390	271,030	717,23
Sto Antonio de Posse	20.650	23.529	154,133	152,66
Sumaré	241.311	286.211	153,46	1.865,05
Valinhos	106.793	131.210	148,54	883,33
Vinhedo	63.611	80.111	81,60	981,75
<b>Total</b>	<b>2.808.906</b>	<b>3.304.338</b>	<b>3.792</b>	<b>871,40</b>

Fonte: IBGE (2021).

As informações da tabela 4 denotam que a RMC é densamente ocupada, principalmente na área urbana. Essa consiste numa região dinâmica, no que se refere à economia e à tecnologia, sendo composta por relevantes centros de pesquisa e de ensino (figura 5). Para corroborar com essa afirmação, Cunha e Falcão (2017) destacam que, a partir da década de 1960 e, principalmente, de 1970, o governo aplicou altos

investimentos em Campinas e outros municípios do entorno (Americana, Paulínia, Valinhos, Sumaré e Indaiatuba), resultando num dos maiores eixos de expansão industrial no interior do estado de São Paulo, especialmente ao longo das rodovias Anhanguera, D. Pedro I e Santos Dumont, num período marcado pela intensa desconcentração industrial da metrópole de São Paulo para o interior paulista.

Figura 5: Usos da Terra da RMC



Fonte: Google Earth, 2021.

Todavia, o amplo desenvolvimento da RMC ocorreu sem um adequado planejamento, desencadeando uma rápida e desordenada ocupação do território, o que resultou em graves prejuízos sociais (carência de moradias, favelização, loteamentos irregulares, etc.) e ambientais (poluição do solo, do ar e da água; desmatamento, etc.). Vale salientar que o crescimento urbano dos municípios dessa região foi se estabelecendo de modo fragmentado. Essa descontinuidade das áreas urbanas não promoveu um desenvolvimento sustentável; causou, ao contrário, uma relação de dependência e de conflitos socioeconômicos e ambientais na região (PERA; BUENO, 2017). Um dos problemas ambientais destacados pelos autores relaciona-se à proximidade entre conjuntos habitacionais e Áreas de Proteção Ambiental (APA), essas últimas formadas por porções de cerrado e de floresta estacional semidecidual, comprometendo o abastecimento de água de vários municípios da RMC. De acordo com os autores:

[...] ao produzir cidades, não estão sendo levantadas questões como a viabilidade de ocupar territórios afastados – o que acarreta maior gasto com implantação e manutenção de redes de infraestrutura e serviços urbanos –, nem as potencialidades rurais e fragilidades ambientais encontradas. (PERA; BUENO, 2017, p. 18).

Assim, para amenizar ou solucionar esses problemas, são necessárias medidas mais eficientes de uso e de ocupação das terras, compatíveis com as características sociais e ambientais do território.

## Resultados e discussão

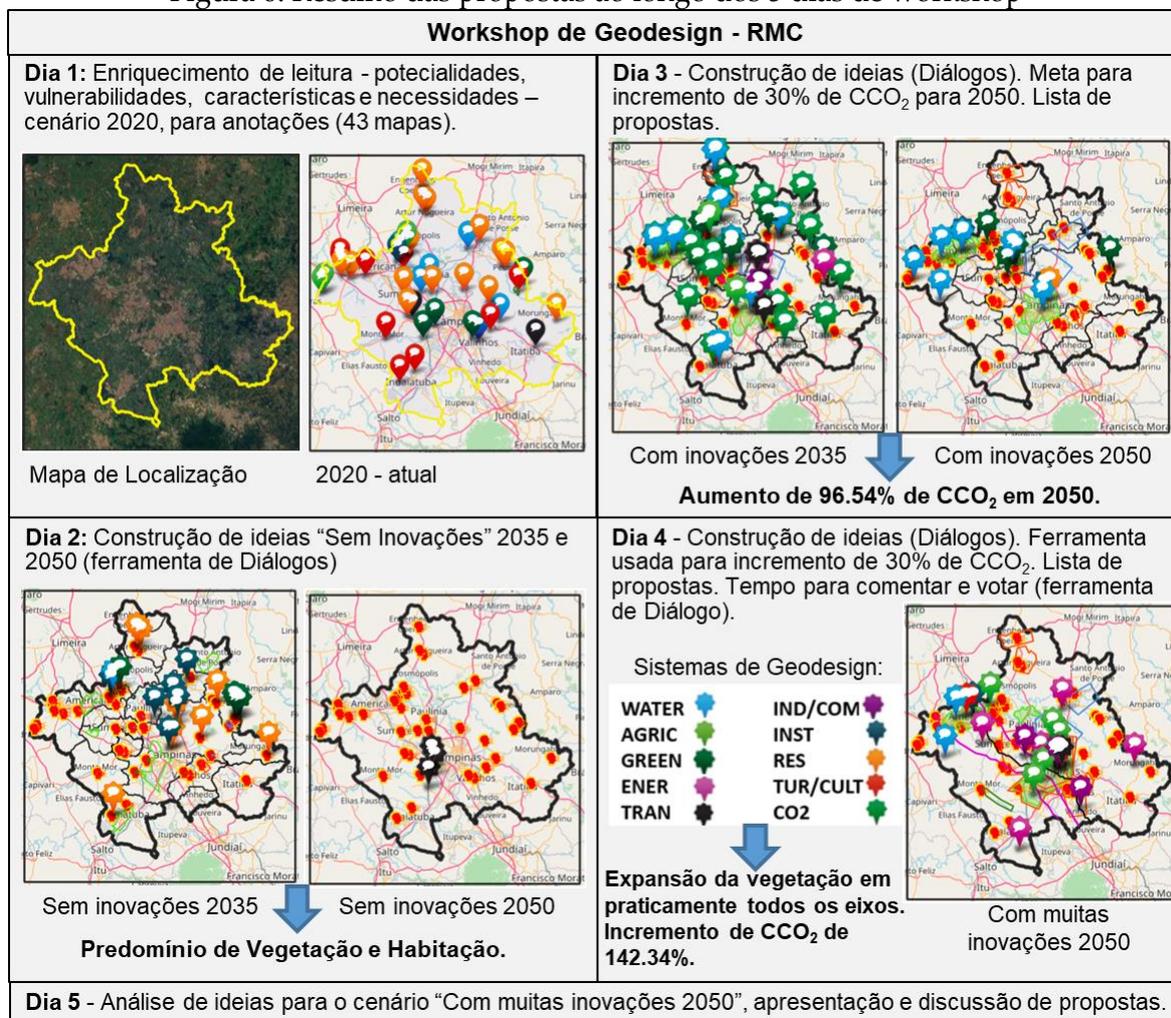
A aplicação da metodologia Geodesign para a RMC ocorreu através de um workshop organizado em etapas (Figura 6). A primeira etapa abrangeu o

Enriquecimento de Leitura, quando todos os participantes analisaram uma coleção de 43 mapas contendo dados cartográficos básicos e temáticos, divididos em 10 eixos (Infraestrutura Verde, Hidrografia, Habitação, Transporte, Instituições, Comércio/Indústria, Agricultura, Energia, Crédito de Carbono e o último eixo de livre escolha: Turismo/Cultura/Lazer). Esses dados foram analisados individualmente e por sobreposição de camadas, possibilitando o conhecimento das potencialidades, das vulnerabilidades, das características e das necessidades do território. Houve a inserção de comentários relevantes na plataforma GISColab, indicando-se cada sistema por um símbolo e por uma cor específica, conforme exibido na figura 6. Após esse momento de enriquecimento de leitura, os participantes foram organizados em grupos de trabalho, considerando a tríade da sustentabilidade (social, ambiental, econômico). Levando em conta que o grupo selecionou trabalhar nessa perspectiva, cabe citar Moura e Freitas (2021, p. 1), que destacam que:

[...] apesar de cada grupo de trabalho utilizar a mesma estrutura proposta, cada um adaptou o método à sua realidade local, comprovando a escalabilidade do processo e a flexibilidade necessária para o emprego em diferentes realidades, garantindo um critério defensável e reproduzível.

No 2º dia, foram elaboradas propostas “sem inovações” para os cenários de 2035 e 2050 na forma de projetos (enfocando aquilo que pode ser realizado de forma rápida, em pequena escala temporal. Exemplo: Parque Linear, habitação de interesse social) e de políticas (enfocando aquilo que se constitui como uma intenção, de ampla escala temporal. Exemplo: recuperação da cobertura vegetal, criação de uma APA, incremento da vegetação, política de ampliação de habitação).

Figura 6: Resumo das propostas ao longo dos 5 dias de workshop



Fonte: os autores (2021).

No 3º dia, todos os participantes fizeram propostas “com inovações” para os cenários de 2035 e de 2050, com base no enriquecimento de leitura. Para tanto, os pós-graduandos foram orientados a elaborar propostas para todos os sistemas, desenhando polígonos para as propostas de crédito de carbono e linhas e pontos para os demais sistemas, levando em conta a simbologia de cores. Além disso, os grupos puderam utilizar um *menu* de ideias, disponibilizado através do link: [igc-geodesign.org/global-systems-research](http://igc-geodesign.org/global-systems-research), adaptando-se à realidade brasileira, bem como inserindo novas ideias elaboradas pelos grupos.

No 4º dia, todos os participantes fizeram propostas “com muitas inovações” para o cenário de 2050, analisando as propostas de 2035 e levando em conta as mesmas orientações da etapa anterior. Nessa fase do workshop, evidencia-se que as propostas deveriam atingir a meta de incremento de 30% de CCO<sub>2</sub> entre os cenários de 2035 e 2050, baseando-se nas seguintes diretrizes: criando propostas onde não havia fragmentos, embora houvesse alguma condição de implementação; promovendo ampliações onde havia fragmentos, embora precisassem ter suas condições

melhoradas; e promovendo conservações onde existiam fragmentos robustos, embora precisassem de manutenção e de investimentos para conservação adequada.

Cabe destacar que, mesmo os participantes estando em grupos de trabalhos diferentes, todas as criações de propostas dos cenários "sem inovações", "com inovações" e "com muitas inovações" para 2035 e 2050 foram compartilhadas, acessadas e votadas por todos os participantes do workshop na *interface* do GISColab.

Ainda, na segunda etapa do 4º dia, os participantes analisaram as propostas e inseriram diálogos (comentários) da seguinte forma: o grupo Ambiental analisou as propostas dos grupos Econômico e Social; o grupo Econômico analisou as propostas dos grupos Ambiental e Social e o grupo Social analisou as propostas dos grupos Ambiental e Econômico. Em seguida, todos votaram em cada uma das propostas, utilizando as opções *Like* (proposta muito boa, mas para outra área; ou boa o suficiente, mas sem comentários) e *Don't like* (ideia interessante, mas inviável economicamente), disponíveis na plataforma GISColab. Todos também votaram nas propostas do próprio grupo e analisaram os comentários e votos, verificando as opiniões e, quando necessário, revisando-as.

O 5º e último encontro foi destinado à análise das propostas, sempre com base nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

Dentre as propostas elaboradas durante o workshop de Geodesign para a RMC, destaca-se a importância de um maior cuidado com relação às Áreas de Preservação Permanente (APP), que têm sofrido intensa interferência das atividades antrópicas, especialmente por conta da expansão urbana e das atividades agrícolas. Esses também evidenciaram a relevância da preservação de Unidades de Conservação (UC), buscando expandir a área de vegetação, colaborando para superar a meta de incremento de 30% de crédito de carbono, pois os grupos atingiram 142,34% de incremento de CCO<sub>2</sub>. Do ponto de vista social, foram elaboradas propostas muito interessantes para ampliar a oferta de habitação e de transporte, adotando modelos mais sustentáveis. A criação de hortas urbanas e de investimentos em agricultura orgânica também foram propostas muito relevantes para amenizar o problema de carência alimentar, prospectando a melhora da qualidade da alimentação da população inserida na RMC.

No decorrer das atividades do workshop, identificaram-se avanços consideráveis através da ampliação de conhecimento sobre a área analisada e do maior domínio dos recursos da plataforma GISColab. Isso resultou num amadurecimento do grupo e numa maior criticidade quanto às propostas coletivas de intervenções relevantes, visando a um uso mais racional da terra, amenizando as vulnerabilidades e as fragilidades da RMC, ou seja, atingindo cada vez mais as metas do desenvolvimento sustentável.

Ao refletir sobre os aspectos e as potencialidades educacionais do Geodesign, a experiência na pós-graduação aqui debatida corroborou os debates teóricos referendados. Como pontuado por Milller (2012) e Steinitz (2012), a metodologia utilizada permitiu a multidisciplinaridade ao longo do workshop e, ainda que todos fossem vinculados ao programa de pós-graduação em geografia ou geociências, os participantes desenvolvem

pesquisas em diversas temáticas (educação, cartografia, clima, vulnerabilidade socioambiental, arqueologia, recursos hídricos e outros), possibilitando um debate muito rico ao analisar os dados existentes e ao propor novas ideias.

Ao longo das etapas, houve um ganho no manuseio de programas de representação de informações em ambiente SIG, bem como ganho na análise crítica das informações, refletindo diretamente na elaboração de ideias mais interessantes e mais adequadas à realidade. Portanto, o uso do Geodesign para o processo de ensino e aprendizagem apresenta muitas potencialidades além das citadas, estando em consonância com o debate de Paradis, Tremblé e Manone (2013): os alunos desenvolvem autonomia nos seus grupos de trabalho e demonstram suas ideias; as dúvidas surgem de análises próprias e a partir do banco de dados disponibilizado; oportuniza-se a avaliação de acordo com a integração das informações de cada participante e de suas respectivas propostas; além de estimular a produção de conhecimento e o manuseio de geotecnologias para futuras pesquisas.

Conforme relatado, o workshop foi desenvolvido remotamente, devido às limitações sanitárias do COVID-19. Mesmo diante de uma realidade que geralmente dificulta o trabalho simultâneo em grupo, os pós-graduandos participaram ativamente dos debates e dos grupos de trabalho, desenvolvendo satisfatoriamente as atividades estabelecidas, com grande envolvimento entre eles. Assim, a metodologia pode ser adaptada e aplicada em demandas presenciais e remotas.

Além dos aspectos positivos já destacados, ao final do workshop alguns desafios também foram relatados pelos participantes ao avaliarem a semana de trabalho, como: a impossibilidade do participante realizar alteração nas bases cartográficas ou inserir novas bases, já que os dados disponibilizados na plataforma foram inseridos previamente por uma equipe da UFMG; ainda, como as camadas temáticas foram organizadas por fontes e escalas diferentes, algumas informações não foram compatíveis com a escala de trabalho, interferindo na qualidade das análises, como, por exemplo, a malha rodoviária, disponibilizada numa escala muito abrangente.

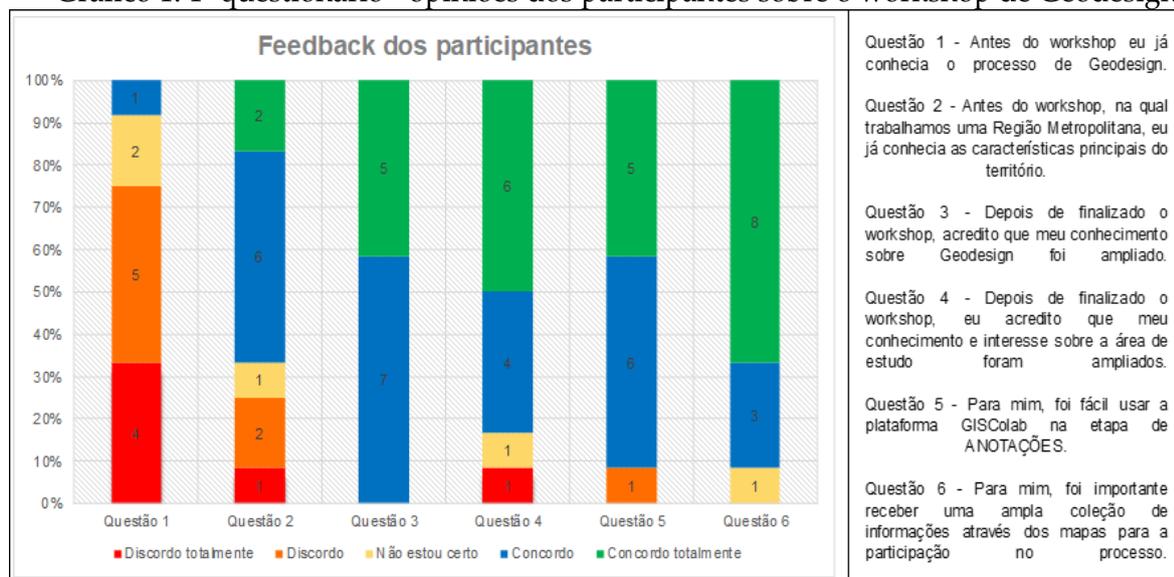
Outra avaliação importante em relação ao GISColab feita pelos participantes foi referente ao processo de salvamento das propostas na plataforma, em que apenas um participante por vez, ao estar conectado como administrador, conseguia editar e salvar o trabalho desenvolvido. Essa limitação causou alguns transtornos, pois houveram perdas de propostas realizadas. Entretanto, com a organização de horários, todos os grupos de trabalho conseguiram desenvolver e salvar suas ideias sem comprometer o desenvolvimento do workshop.

Em relação ao feedback dos participantes através dos questionários (Gráfico 1 e 2), foi possível entender que a grande maioria dos estudantes não conhecia o processo de Geodesign, apesar de terem um certo conhecimento sobre a RMC. Com o desenvolvimento do workshop, todos os respondentes concordaram que houve avanços, pois aprenderam a aplicar a metodologia. A grande maioria também sinalizou uma facilidade no uso da plataforma GISColab, julgando ter sido muito importante receber a

coletânea de informações utilizadas para a análises das características da RMC, bem como para a cocriação de ideias sobre o território.

Com base na análise dos dados do primeiro questionário, percebe-se que todos os participantes são graduados em áreas afins das geotecnologias, sendo que, desse total, a maior parte está desenvolvendo ou já concluiu o mestrado na geografia e um pouco mais da metade está desenvolvendo o doutorado, também na geografia. Pode-se observar também que a grande maioria já teve algum tipo de experiência com as Geotecnologias e um pouco mais da metade dos respondentes as utilizam nas suas práticas de ensino. Essas afirmações podem ser observadas no Gráfico 2.

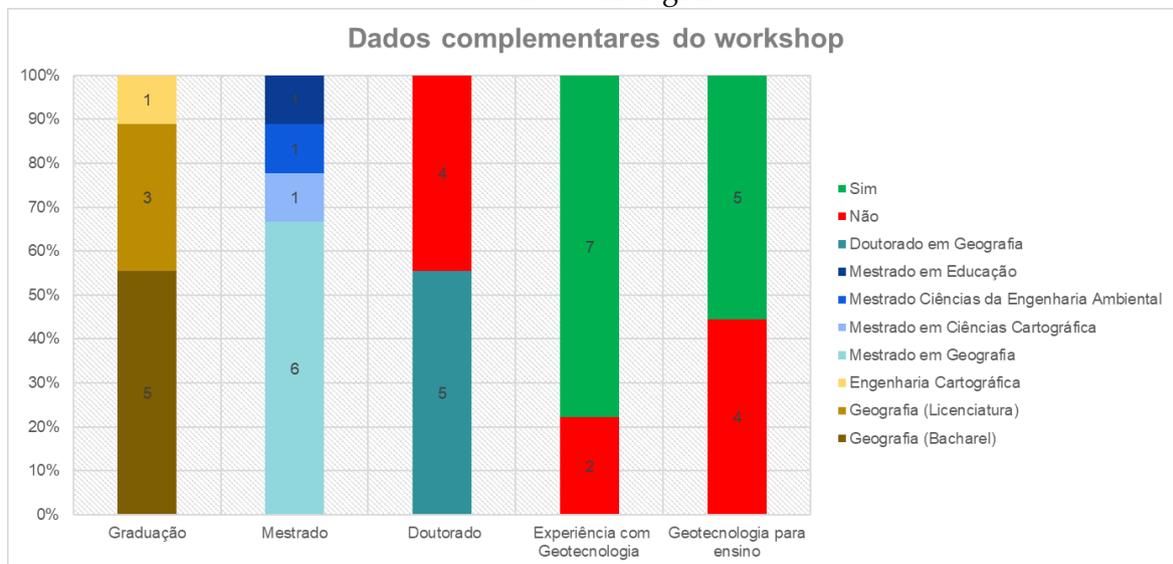
Gráfico 1: 1º questionário - opiniões dos participantes sobre o workshop de Geodesign



Fonte: Os autores.

Além dos dados evidenciados no Gráfico 1, o questionário complementar (Gráfico 2) trouxe algumas informações importantes, destacando-se as experiências que os participantes apresentaram das plataformas ArcGis, QGis, AutoCAD, Spring, Google Earth, Global Mapper, entre outros softwares e plataformas que contribuíram para o adequado desenvolvimento dos trabalhos do workshop.

Gráfico 2: 2º questionário - formação dos participantes e suas experiências com Geotecnologias



Fonte: Os autores.

Além disso, os participantes destacaram alguns pontos positivos e negativos sobre suas experiências com as geotecnologias. Os pontos positivos estão relacionados à praticidade de operação das plataformas, ao dinamismo e à metodologia ativa. Alguns pontos negativos relacionam-se à inexperiência dos integrantes no uso da plataforma, à falta de equipamentos adequados e à instabilidade da Internet durante alguns momentos do workshop.

Sobre a experiência com as geotecnologias na educação, os participantes que já atuaram ou atuam como professores da educação básica relataram que os alunos do Ensino Fundamental e Médio têm muito interesse em aprofundar seus conhecimentos sobre as geotecnologias, experienciando processos como o Geodesign e outras interfaces tecnológicas, que contribuem para tornar as aulas mais atrativas e didáticas.

### Considerações finais

A abordagem de Geodesign aplicada por meio do Workshop para a RMC demonstrou importante potencial didático junto aos alunos de pós-graduação da UNESP de Rio Claro/SP e da pós-graduação em Geociências da UNICAMP. Desde a etapa de enriquecimento de leitura, até a avaliação das propostas, destaca-se a ampliação do conhecimento sobre a área da região metropolitana de Campinas, o maior domínio no uso da plataforma GISColab, um amadurecimento na análise dos dados cartográficos e temáticos de modo individual e integrado, bem como um aprimoramento na elaboração de propostas para a melhoria do uso da terra da área considerada, com base na análise crítico-reflexiva das fragilidades e vulnerabilidades da RMC, na perspectiva do desenvolvimento sustentável.

Além disso, o Geodesign oportunizou o trabalho em equipe e a criação coletiva de ideias, favorecendo o diálogo e oferecendo um ambiente democrático de compartilhamento de conhecimentos e experiências. Cabe destacar que quase 100% dos integrantes do workshop é formado em Geografia; porém, os temas de pesquisas dos participantes são muito diferentes. Demonstra-se, assim, o potencial multidisciplinar dessa metodologia, incidente na variedade e na riqueza das propostas. Quanto à plataforma GISColab, a ampla maioria dos pós-graduandos concorda que foi de fácil manuseio, indicando o caráter didático desse ambiente computacional.

Também, é relevante enfatizar que, se o objetivo principal do Workshop fosse a gestão territorial, o ideal seria que houvesse representantes de todos os setores da sociedade (universidade, gestor público, empresas públicas e privadas, representantes da comunidade, entre outros). Contudo, para fins didáticos e pedagógicos, considerou-se que a metodologia é válida, permitindo a elaboração coletiva de ideias e de propostas para a melhoria do uso territorial.

## Referências

- CUNHA, J.M.P. da; FALCÃO, C.A. (orgs.). **Campinas Metropolitana: diversidades socioespaciais na virada para o século XXI**. 1a ed. Campinas: Librum Ed., 2017.
- FISHER, T. An education in Geodesign. **Landscape and Urban Planning**, v. 156, p. 20-22, 2016.
- FREITAS, C.R. **Tecnologias de Geoinformação no Planejamento Territorial: novas formas de produção, compartilhamento e uso de dados espaciais**. 2020. Tese – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo Belo Horizonte, 2020.
- GOODCHILD, M. F. Towards geodesign: Repurposing cartography and GIS?. **Cartographic Perspectives**, n. 66, p. 7-22, 2010.
- HADDAD, M. A.; MOURA, A. C. M.; COOK, V. M.; LIMA, T. L. The Social Dimensions of the Iron Quadrangle Region: An Educational Experience in Geodesign., **The Professional Geographer**, 2021, p. 504-520.
- HOLANDA, M. A. R.; CARREIRO, P. P. Geodesign: A metametodology in the teaching of the project process in the School of Architecture and Urbanism of the UFPE. **Anais. Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital**, 21, 2018.
- INSTITUTO Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Conheça o Brasil – População: População Rural e Urbana. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- MILLER, W. R. **Introducing Geodesign: the concept**. Esri Press, Redlands, 2012.
- MOURA, A.C.M. O Geodesign como processo de cocriação de acordos coletivos para a paisagem territorial e urbana. In: LADWIG, Nilzo Ivo; CAMPOS, Juliano Bitencourt

(org.). **Planejamento e gestão territorial: o papel e os instrumentos do planejamento territorial na interface entre o urbano e o rural**. Criciúma (SC): UNESC, 2019. Cap. 1.

MOURA, A.C.M.; FREITAS, C.R. Scalability in the Application of Geodesign in Brazil: Expanding the Use of the Brazilian Geodesign Platform to Metropolitan Regions in Transformative-Learning Planning. **Sustainability**, 2021, 13, 6508.

MULLER, B.; FLOHR, T. A Geodesign approach to environmental design education: Framing the pedagogy, evaluating the results. **Landscape and Urban Planning** 156, p.101–17. 2016.

PANCHER, A.M.; SA, A.I. de; COSTA, M.; AGUIAR, T.O. The Potential of Geodesign for the Optimization of Land Use in the Perspective of Sustainability: Case Study of the Metropolitan Region of Campinas. In: GERVASI, Osvaldo. **Computational Science and Its Applications – ICCSA**. Switzerland: Springer. 2021, p. 476-490.

PARADIS, T.; TREML, M.; MANONE, M. Geodesign meets curriculum design: integrating geodesign approaches into undergraduate programs. **Journal of Urbanism**, vol. 6, nº. 3, 2013 274–301.

PERA, C.K.L.; BUENO, L.M. de M. Expansão urbana e as lógicas de produção do espaço: Estudo da Região Metropolitana de Campinas. Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional - ENANPUR, 17. **Anais**. São Paulo, 2017, p. 1 - 20.

PETTIT, C.; HAWKEN, S.; TICZON, C.; NAKANISHI, H. Geodesign - A Tale of Three Cities. In: Geertman, S., Zhan, Q., Allan, A., Pettit, C. (eds) **Computational Urban Planning and Management for Smart Cities**. CUPUM 2019. **Lecture Notes in Geoinformation and Cartography**. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-19424-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-19424-6_9). 2019.

STEINITZ, C. **Um Framework para o Geodesign**. Alterando a Geografia através do Design. Esri Press, 380 New York Street, Redlands, California, 2012.

STEINITZ, Carl. On landscape architecture education and professional practice and their future challenges. **Land**, v. 9, n. 7, p. 228, 2020.

THANATEMANEERAT, W. **Geodesign for water quality management**. PhD diss., University of Washington, Seattle, 2015.

WARREN-KRETZSCHMAR, B.; LINCON, C.; BALLAL, H. Geodesign as an Educational Tool: A Case Study in South Cache Valley. **Journal of Digital Landscape Architecture**, 1-2016, p. 222-232.

### **Seleção, modelagem e tratamento de dados espaciais para uso em *geodesign*: consumo da informação *web-based***

Tiago Augusto Gonçalves Mello  
Camila Fernandes de Moraes  
Ana Clara Mourão Moura

#### **Introdução**

#### **Dados Espaciais aplicados ao Planejamento Urbano e Ambiental**

A gestão e o uso de informações geoespaciais têm sido fundamentais como suporte aos processos de tomada de decisão vinculados ao planejamento e ao ordenamento do território, como no caso de elaborações de políticas públicas (SILVA; JULIÃO, 2019). A geoinformação corresponde à associação de componentes espaciais a uma localização no espaço geográfico – seja esta relativa ou absoluta – em um sistema de coordenadas (BORBA, 2017).

A tecnologia tem sido utilizada para abordar elementos, fenômenos ou processos relacionados à superfície terrestre, no tocante a aspectos físicos e a questões administrativas do uso da terra. Sua utilização pode funcionar como apoio a atividades de interesse público em geral, ou como elemento de facilitação e de amparo a processos de controle e de monitoramento do território. Por exemplo, a tecnologia pode ser utilizada para avaliar a dinâmica do uso e a cobertura do solo a partir da compreensão das implicações, das dinâmicas e dos conflitos de ordem socioeconômica, cultural e ambiental. (MOLENAAR, 1991).

Para gerenciar qualquer fenômeno, é primordial o conhecimento do território (XAVIER *et al.*, 2016). Nesse sentido, a construção de ambientes digitais capazes de facilitar o acesso, o compartilhamento, o armazenamento, a disseminação e a exploração da geoinformação – como as Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE) – são de suma importância. As IDEs possibilitam a gestão e a exploração da geoinformação de forma padronizada e interoperável (SILVA; JULIÃO, 2019).

Em geral, IDEs têm sido desenvolvidas em diferentes níveis em termos hierárquicos e de jurisdição, passando por esferas nacionais, subnacionais e

supranacionais. Seus objetivos têm sido relacionados à promoção do desenvolvimento econômico, à melhor governança e ao estímulo ao desenvolvimento sustentável (AFONSO; JULIÃO, 2010).

Como exemplos de IDEs brasileiras, temos a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), com dados geoespaciais de origem federal; a Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema), com dados estaduais resultantes das atividades, dos programas e dos projetos ambientais, além dos recursos hídricos desenvolvidos pela pasta; e a Infraestrutura de dados Espaciais da Prefeitura de Belo Horizonte (IDE-BHGEO), com os dados municipais disponibilizados através do portal BHMap. Todas as plataformas supracitadas são de livre acesso. Cabe ressaltar o fato de que as plataformas podem ser estruturadas para permitir apenas a visualização e a consulta das informações, o consumo via *download* ou, ainda, para acesso e consumo via conexão direta (*link*), sem necessidade de *download*. O último caso é extremamente favorável, uma vez que o consumidor não precisa trabalhar com dados em *desktop* (sua máquina local), mas pode usar as informações da base em questão a partir de uma conexão.

Para além dessas bases, também há acesso gratuito a repositórios nacionais e internacionais de imagens de satélites, como o *Earth Explorer* e o *Earth Data*. A Tabela 1 indica algumas das variáveis comumente utilizadas para fins de planejamento urbano e ambiental, IDEs e/ou repositórios para sua recuperação e informações gerais dos dados.

Tabela 1: Exemplos de dados, características gerais e repositórios para recuperação

Dado Espacial	Recuperação	Origem	Extensão	Estrutura
Uso e Cobertura da Terra	Esri <sup>1</sup>	Sentinel*	.tiff	Matricial
Unidades de Conservação	IDE-Sisema	Instituto Estadual de Florestas	.shp	Vetorial
Topografia	Earth Explorer <sup>2</sup>	Alos Palsar*	.tiff	Matricial
Cursos D'água	IDE-Sisema	Agência Nacional das Águas	.shp	Vetorial
Temperaturas de Superfície	Earthdata Search <sup>2</sup>	MODIS*	.hdf	Matricial
Vapor D'água	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	Meteosat*	.tiff	Matricial
Geologia	INDE	Serviço Geológico do Brasil	.shp	Vetorial

\* Séries de Satélites.

Fonte: Autores, 2022.

<sup>1</sup> A Environmental Systems Research Institute é uma empresa americana líder no mercado de SIG;

<sup>2</sup> Plataformas vinculadas à NASA e ao Serviço Geológico dos EUA - USGS.

## Modelos de Representação, de Processo e de Avaliação

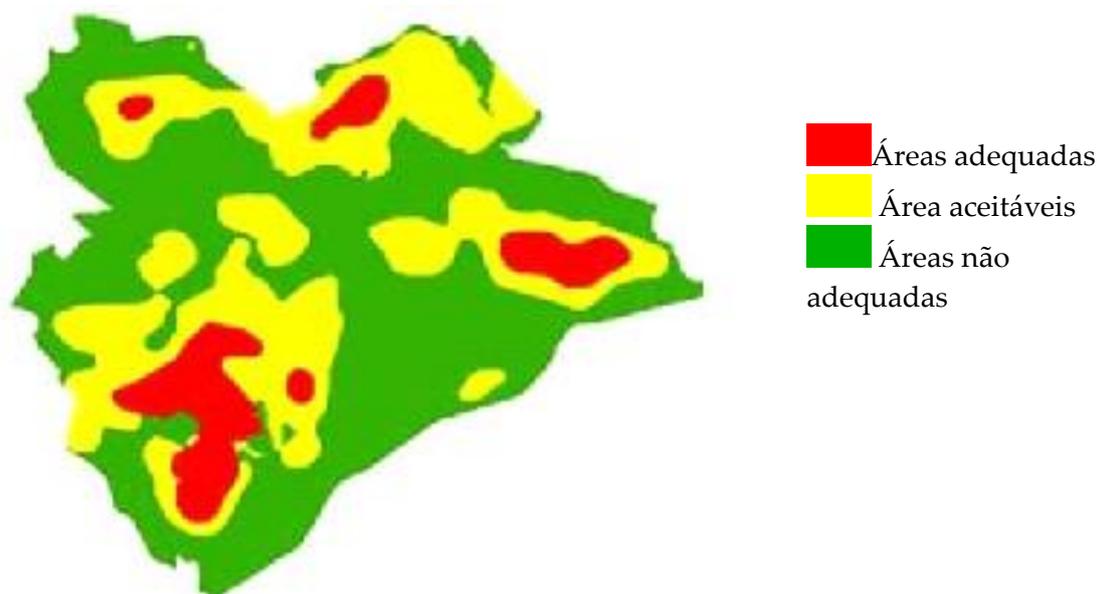
Para a modelagem e geovisualização de dados espaciais, diferentes estratégias de ordem cartográfica e metodológica podem ser utilizadas. As escolhas devem responder a preceitos relacionados aos objetivos de análise e as decisões devem se relacionar à construção e ao processamento de informações por critérios defensáveis e reproduzíveis (MOURA, 2020).

É bastante didático organizar a coleção de dados seguindo a proposta dos modelos propostos por Steinitz (2012) em seu *framework*, relativos à etapa de *pré-workshop*. São eles: Modelos de Representação, Modelos de Processos, e Modelos de Avaliação. O Modelo de Representação corresponde ao momento da identificação das características principais da área de estudo, traduzidas em variáveis mapeadas; é o banco de dados espaciais inicial do projeto. O Modelo de Processo está associado aos dados produzidos no Modelo de Representação, correspondendo à distribuição territorial dos fenômenos e ocorrências. A representação favorece a compreensão de processos e de dinâmicas territoriais a partir da transformação de dados em informação. Já o Modelo de Avaliação objetiva interpretar e avaliar o funcionamento da área de estudo com base em julgamentos de adequabilidade e de vulnerabilidade, transformando a informação em conhecimento.

Os modelos partem da estrutura conceitual supracitada, embora possam ser adequados em termos de metodologia e de modelagem. No caso dos Modelos de Avaliação do *framework* proposto por Steinitz (2012), por exemplo, há um mapeamento de adequabilidade para recebimento de propostas - Fig. 1. No método defendido pelo autor, quando as pessoas envolvidas no estudo ingressam no *workshop* propriamente dito, é disponibilizada uma coleção de Mapas de Avaliação, que são simbolizados segundo a adequabilidade ao recebimento de desenhos de ideias sobre um tema. Cabe ao organizador fazer esses julgamentos, que indicam quais são as áreas mais adequadas e quais são inadequadas, guiando a performance do participante.

Pode-se, entretanto, trabalhar com um modelo que favoreça a avaliação por parte do usuário sem, contudo, condicioná-lo. Em trabalhos recentes, o Laboratório de Geoprocessamento tem optado por não fazer julgamentos indicativos de adequabilidade, mas sim por disponibilizar a coleção de Modelos de Avaliação que sejam sínteses da área de estudo, segundo suas características. Como exemplo, em lugar de definir “onde é o melhor lugar”, apresenta-se uma coleção de mapas temáticos que informam as condições da área de estudo, de modo que fica reservado ao usuário a construção de sua opinião a partir da visão crítica dos fenômenos.

Figura 1: Exemplo de Modelo de Avaliação segundo Steinitz (2012) Adequabilidade à proposição de novas edificações - Pampulha, MG.



Fonte: Laboratório de Geoprocessamento, 2016.

### **Ambientes *Web-Based* e a plataforma brasileira de *Geodesign***

Os ambientes *web-based*, nos quais os dados são consumidos em ambiente da rede mundial de computadores, são fundamentais para o consumo de informações e para a promoção da visualização de dados espaciais. Tais ferramentas possibilitam a apresentação das informações geoespaciais de maneira facilitada, exigindo de seus usuários apenas competências básicas de leitura cartográfica. Assim, pode-se dizer que esse tipo de plataforma finaliza o ciclo de obtenção, de tratamento e de disponibilização de geoinformação. Além disso, essa plataforma abre possibilidades para novas formas de aplicação, de construção e de distribuição de dados, contribuindo, assim, para os processos de tomada de decisão no contexto do planejamento (FREITAS, 2020).

A GISColab, ambiente *web-based*, foi inicialmente construída pelo grupo GE21 Geotecnologias para funcionar como uma IDE. A plataforma apresenta condições de consumo e produção de informações geográficas, tanto na forma de camadas temáticas, quanto no acesso a camadas de serviços externos de informações de outras plataformas institucionais, na forma de *WMS* (*web map service*). Ela facilita a seleção de dados por catálogo de metadados, permite a aplicação de análises espaciais e tem visualização facilitada em *dashboards* (FREITAS, 2020).

A partir do trabalho inicial desenvolvido pela GE21, na tese de Freitas (2020), ela foi otimizada através de *scripts* e pela possibilidade de uso de *widgets* (janelas de suporte à decisão), servindo à metodologia do *Geodesign* (Moura e Freitas, 2020). Para tal finalidade, a GISColab tem sido utilizada desde 2020. Testada em diversos estudos

de caso e em variados contextos de trabalho, apresentou adaptabilidade e escalabilidade metodológica (MOURA; FREITAS, 2021). Nas adaptações propostas, dados de diferentes origens e estruturas passam por processos de modelagem e de tratamento dentro das possibilidades de representação, de processo e de avaliação, sendo disponibilizados enquanto coleção cartográfica por meio da plataforma brasileira. Os dados disponibilizados na plataforma podem, ainda, ser explorados e transformados em materiais analíticos, retratando não apenas as condições existentes, mas o confronto de informações, por meio da combinação de camadas.

## **Metodologia**

Para fins demonstrativos, foram utilizados dados-base de acesso livre de distintas origens e estruturas. Foram adotados critérios de modelagem, de forma a passar por diferentes categorias de processamento e geovisualização – representação, processo e avaliação. O principal intuito é apresentar possibilidades de obtenção e de modelagem de dados espaciais recorrentemente usados no campo do planejamento territorial e ambiental.

O recorte espacial adotado para as exposições conceituais e metodológicas corresponde à região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, objeto de estudo do Laboratório de Geoprocessamento no âmbito de pesquisas vigentes desde 2016<sup>3</sup>. Os dados em questão foram utilizados no *workshop* “Geodesign e Objetivos do Desenvolvimento Sustentável na Questão Ambiental do Quadrilátero Ferrífero”, mediado em setembro de 2021. A experiência teve como foco principal o desenvolvimento de propostas voltadas à infraestrutura verde e à questão climática, sendo também considerados temas como paisagem, risco e lazer (MORAIS, 2022; MELLO, 2022).

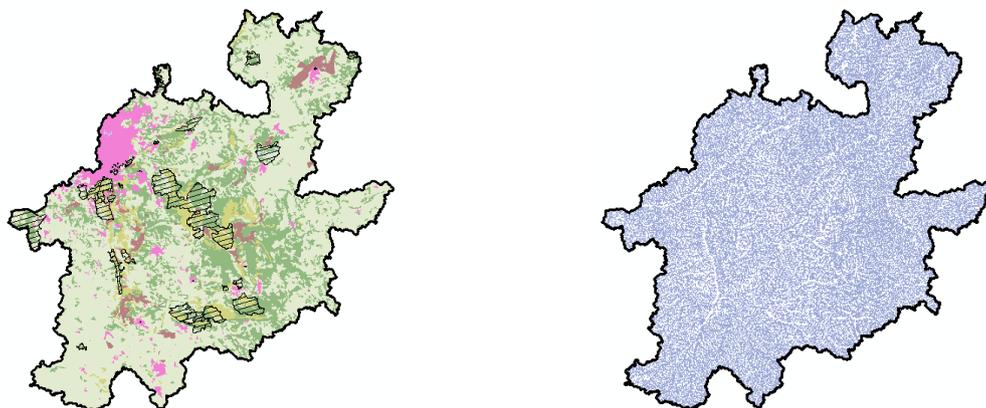
## **Levantamento e modelagem de dados**

Os Modelos de Representação partiram de dados obtidos na Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema), vinculada ao Governo do Estado de Minas Gerais. As variáveis correspondem ao Uso e à Cobertura da Terra, com foco na cobertura vegetal, nos limites de Unidades de Conservação de Proteção Integral federais, estaduais e municipais, e na rede hidrográfica - Figura 2. Em síntese, neste momento foram utilizados dados primários, representações de características físicas e de delimitações legais instituídas por órgãos de proteção.

---

<sup>3</sup> As pesquisas são vinculadas ao projeto “Geodesign e Modelagem Paramétrica da Ocupação Territorial: Geoprocessamento para a proposição de um Plano Diretor da Paisagem para a região do Quadrilátero Ferrífero, MG”, apoiado pelo CNPq (401066/2016-9) e pela FAPEMIG (PPM-00368-1).

Figura 2: Modelos de Representação  
Uso e Cobertura da Terra e UCs de Proteção Integral; Rede Hidrográfica.



Fonte: Laboratório de Geoprocessamento, 2021.

A visualização simples, simbolizada a despeito das intenções de análise e de enfoque teórico-conceitual do *workshop* supracitado, teve por objetivo facilitar a visualização da ocorrência de tais fenômenos ao longo do território. A partir de análises críticas amparadas pelo uso de tais camadas, o usuário tem a possibilidade de compreender os principais aspectos e as principais características das tramas verde e azul, bem como tem a possibilidade de identificar regiões sob tutela ou não, no tocante à proteção ambiental.

De forma a favorecer a compreensão do comportamento dessas variáveis – vegetação e hidrografia – em termos de processo, foram adotadas diferentes estratégias. Para o caso da vegetação, foram utilizadas capturas do satélite LANDSAT-8<sup>4</sup>, obtidas no portal *Earth Explorer*. Em seguida, foi calculado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). O cálculo espectral parte do uso das bandas vermelho (B4) e infravermelho próximo (B5) - Equação I, viabilizando a identificação da robustez da vegetação a partir da mensuração da presença de clorofila nas folhas<sup>5</sup> (SENA *et al.*, 2018 ; AMARAL *et al.*, 2020).

$$(I) NDVI = \frac{Red (B5) - Near Infrared (B4)}{Red (B5) + Near Infrared (B4)}$$

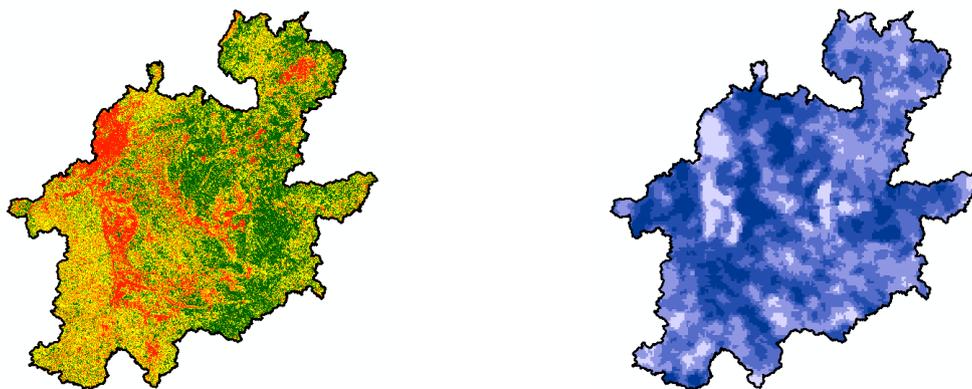
Para o caso da hidrografia, o Modelo de Processo partiu de cálculos de densidade realizados por Camargos *et al.* (2020) a partir das ferramentas *Hidrology* e *Kernel Density* no *software ArcGIS* - Figura 3. A densidade de drenagem é um importante parâmetro da análise morfométrica de bacias hidrográficas, pois considera fatores como regime

<sup>4</sup> As capturas correspondem ao mês de agosto de 2020, período de atmosfera estável e baixa nebulosidade. Devido à escala da área de estudo, fez-se necessária a utilização de diferentes capturas - referentes à mesma órbita, consolidadas a partir do mosaico dos dados matriciais.

<sup>5</sup> A identificação consiste na diferença dos comprimentos de onda observados entre a absorção na faixa do vermelho e a refletividade na faixa do infravermelho por parte dos alvos de cobertura vegetal.

de chuvas, relevo, capacidade de infiltração do solo e resistência inicial à erosão (HORTON, 1945).

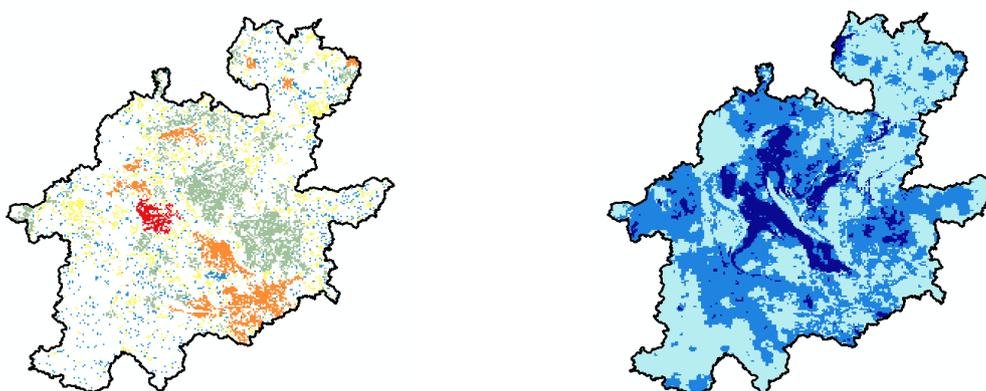
Figura 3: Modelos de Processo NDVI; Densidade Hídrica.



Fonte: Laboratório de Geoprocessamento, 2021.

O último tipo de modelo aqui apresentado, o de avaliação, objetiva favorecer análises qualitativas. Nesse caso, para as análises da vegetação, foi utilizada a síntese de três métricas de Ecologia da Paisagem a partir do cálculo de NDVI. Para o caso da rede hidrográfica, o modelo ilustrativo é o de Importância Hídrica da região, desenvolvido a partir de dados elaborados por Camargos *et al.* (2020). Os modelos constam na Figura 4.

Figura 4: Modelos de Avaliação  
Síntese de métricas de Ecologia da Paisagem; Importância Hídrica.

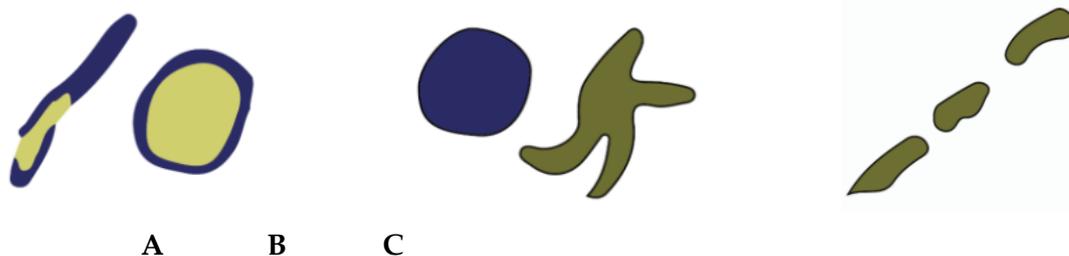


Fonte: Laboratório de Geoprocessamento, 2021.

As métricas de Ecologia da Paisagem selecionadas funcionam como indicadores de vulnerabilidade das massas vegetadas a partir da avaliação das condições dos fragmentos segundo diferentes critérios. Para o estudo em questão, foram utilizadas as métricas de Área Núcleo, de Fator Forma e de Conectividade - Figura 5.

Figura 5: Métricas de Ecologia da Paisagem

Área Núcleo (A), Fator Forma (B) e Conectividade (C).



Fonte: Autores, 2022.

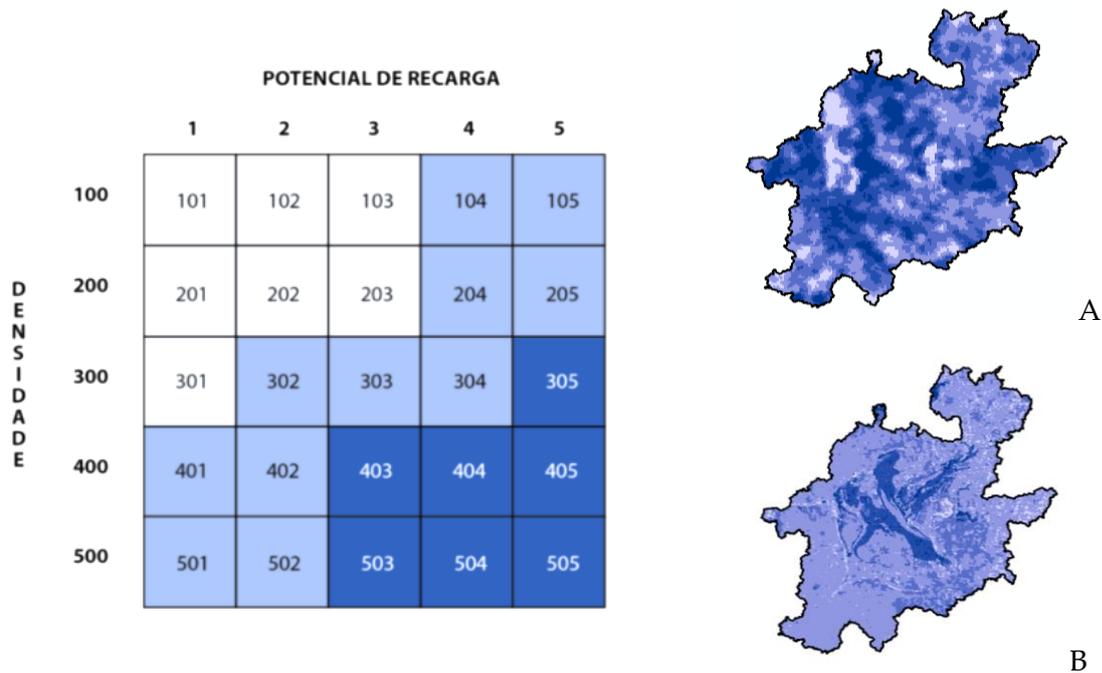
A primeira métrica, de Área Núcleo, tem como intuito analisar a fragilidade dos fragmentos a partir do potencial de proteção de seu cerne. Quanto maior a área, tanto melhor será a condição de proteção do núcleo. A segunda, de Fator Forma, diz respeito à complexidade perimetral dos fragmentos de vegetação. Por meio dessa métrica, torna-se possível identificar as porções mais vulneráveis do objeto de estudo, visto que, quanto mais complexo o perímetro de um fragmento, tanto maior será o risco de sua supressão. A última, a métrica de Conectividade, objetiva avaliar o potencial de conservação da vegetação a partir de um cálculo baseado na proximidade entre fragmentos, uma vez que, quanto mais isolados estes estiverem, tanto maior será a probabilidade de danos causados por transformações no entorno (ROCHA *et al.* 2016). O modelo utilizado consiste em uma operação de soma das três métricas, sendo, assim, uma síntese de métricas de Ecologia da Paisagem.

O modelo de Importância Hídrica partiu de uma combinação dos dados de Densidade Hídrica e de Potencial de Recarga de Aquíferos desenvolvidos por Camargos *et al.* (2020). O Potencial de Recarga está associado à potencialidade do terreno em recarregar aquíferos através da infiltração de água no solo. É considerado um parâmetro de análise muito importante, pois a recarga de aquíferos auxilia diretamente na manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico, na proteção hídrica e na disponibilidade de água. Os dados foram obtidos a partir de uma Análise Multicritérios por Pesos de Evidência, combinando dados de declividade, de potencialidade de contaminação dos aquíferos segundo a geologia, de uso e de cobertura do solo. O resultado é uma classificação quanto à potencialidade de recarga, variando entre muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

O método utilizado para o cruzamento dos dados é nomeado Análise Combinatória, consistindo na identificação das combinações possíveis entre as variáveis de análise. De modo a viabilizar o cruzamento das duas camadas e a individualizar todas as relações entre elas, foi aplicada a álgebra de mapas com um preparo para o reconhecimento das combinações, conforme proposta de Moura e Freitas (2021). Cada dado foi reclassificado em 5 faixas, do menor ao maior potencial ou densidade. A Figura 6 ilustra a matriz utilizada, assim como as faixas identificadas

para o Modelo de Avaliação - baixa (em branco), média (em azul claro) e alta Importância Hídrica (em azul escuro).

Figura 6: Análise Combinatória para modelagem de Importância Hídrica Densidade de Drenagem (A) associada ao Potencial de Recarga de Aquíferos (B).



Fonte: Autores, 2022.

### Tratamento dos dados para uso em ambiente *web-based*

Para uso em ambientes *web-based*, com o intuito de favorecer a fluidez do acesso, é necessário que tratamentos sejam realizados, de forma a simplificar os dados, bem como a garantir o favorecimento de sua legibilidade. No caso do uso em *geodesign* em contexto de *WebGIS*, tais procedimentos partem da consideração da escala espacial de referência e da expectativa de dimensão das propostas a serem construídas coletivamente.

Cabe ao organizador do workshop definir a unidade territorial de análise em função dos objetivos do workshop. É necessário um equilíbrio entre a melhor qualidade que se pode obter para uma coleção de mapas e a resolução mais adequada ao trabalho. Com isso, não se oferece ao usuário um nível de detalhamento que pode gerar excesso de informação e labirinto de compreensões. O organizador pode definir a melhor qualidade possível para seus dados com base na normativa cartográfica que estabelece a PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica). Para os dados de plataformas institucionais, usa-se o PEC padrão A. Nesse caso, a resolução de um dado vetorial corresponde a 0,5mm na escala da fonte do mapa vetorial, correspondendo ao tamanho do pixel no mapa matricial. Ressalta-se o risco de que a melhor qualidade possível resulte em excesso de informação

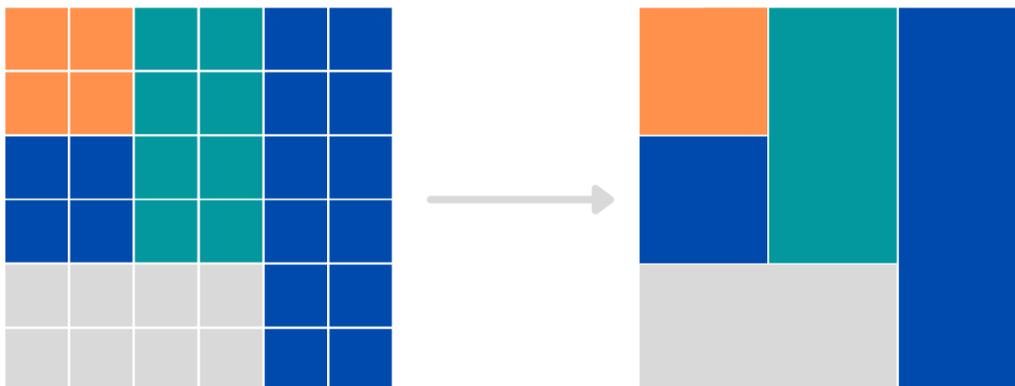
em função dos objetivos do workshop. Então, cabe definir se as ideias a serem desenhadas no workshop terão a dimensão de lote, de quadra, de bairro etc., estabelecendo não só a qualidade do dado, mas também sua resolução espacial, de forma a atender aos objetivos, generalizados, sem risco de detalhamento desnecessário (MOURA, 2003).

No caso do Quadrilátero Ferrífero, tem-se uma área de estudo superior a 11 mil km<sup>2</sup>. Dado seu caráter regional, entende-se que detalhes a nível local, como lotes e quadras, ou em escala urbana, como bairros ou zonas, acabam sendo desnecessários para fins de interpretação e de proposição. Assim, parte-se do pressuposto da generalização ou da simplificação do dado, com vistas à melhor performance do ambiente de suporte – no caso do *workshop* em exemplo, da plataforma GISColab – e ao aprimoramento da experiência dos usuários.

Para os processos em questão, diferentes estratégias podem ser adotadas, a depender da estrutura do dado – matricial ou vetorial. De forma geral, tais processos objetivam a eliminação de ruídos ou de detalhes não necessários. Para dados vetoriais, pode-se optar pelo agrupamento de feições com atributos semelhantes, assim como pela eliminação de polígonos com área inferior àquela considerada como mínima para os fins postos.

A primeira estratégia pode ser desenvolvida a partir do uso da ferramenta *dissolve*, no *ArcGIS*. O método mescla feições com base em suas características. No caso de feições com mais de um atributo associado, o usuário pode selecionar qual o critério a ser adotado - Figura 7.

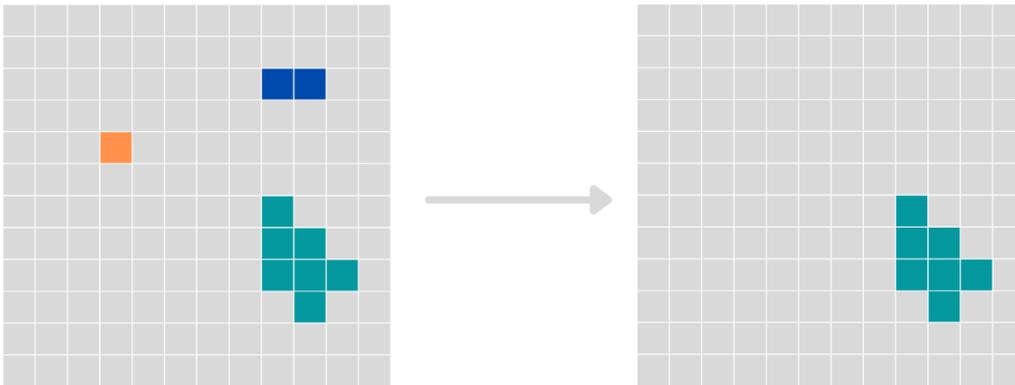
Figura 7: Tratamento de dados vetoriais - ferramenta *Dissolve*  
Simplificação a partir de semelhança de atributos do dado.



Fonte: Autores, 2022.

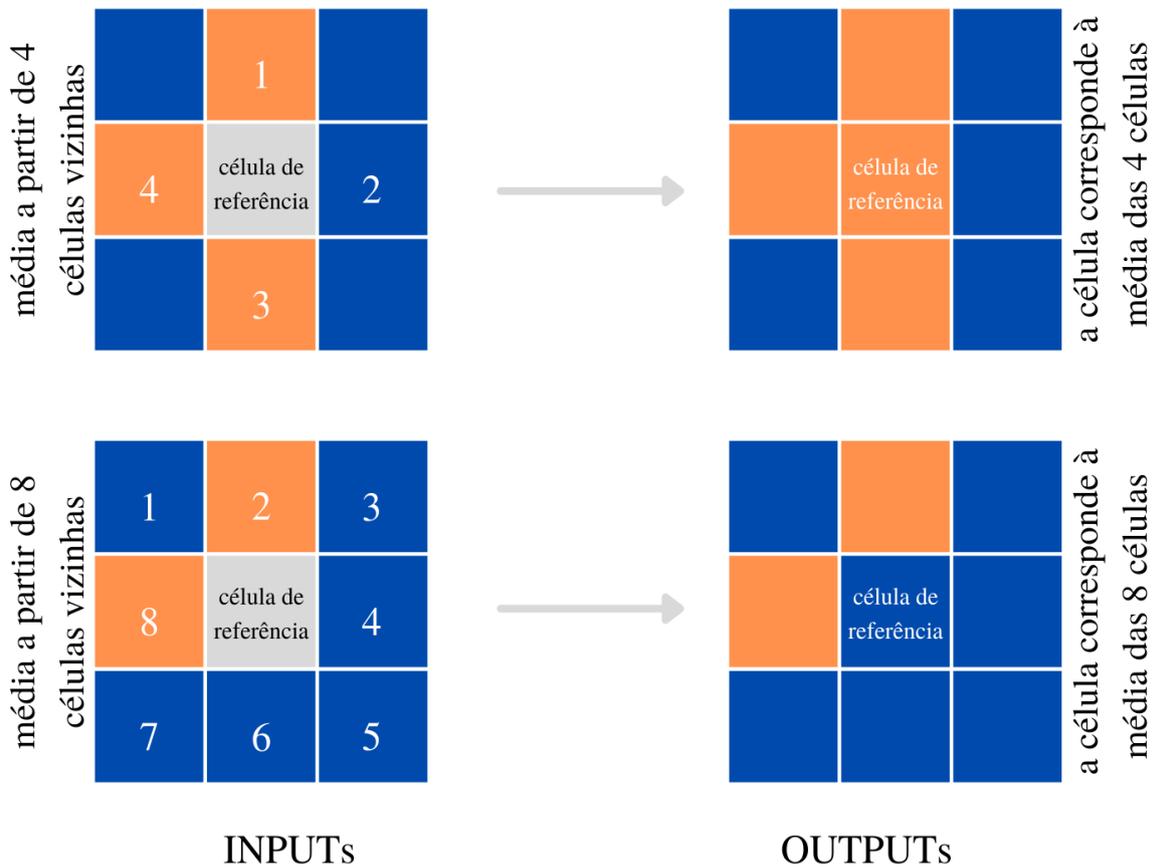
A segunda estratégia pode ser reproduzida a partir do uso da ferramenta *eliminate*. A partir da consideração de um elemento de referência, estimam-se às áreas mínimas a serem consideradas para as feições - Figura 8. Na escala do Quadrilátero Ferrífero, devido à sua área e à sua complexidade, feições à escala de um bairro, por exemplo, não teriam usabilidade no *workshop* em questão. Assim, vetores com área inferior a 1km<sup>2</sup> foram eliminados nas camadas da base de dados disponibilizada.

Figura 8: Tratamento de dados vetoriais - ferramenta *Eliminate*  
Simplificação a partir de eliminação de ruídos no dado.



Fonte: Autores, 2022.

Figura 9: Tratamento de dados matriciais - ferramenta *Majority Filter*  
Simplificação a partir de valores médios das células circundantes.



Fonte: Autores, 2022.

Para dados matriciais, pode-se trabalhar com a generalização de células distintas, com base em médias do próprio dado. A ferramenta *majority filter* auxilia nesse

processo. O usuário tem a possibilidade de escolha da generalização das células do dado a partir da consideração das células adjacentes. Pode-se optar pelo cálculo da média a partir de 4 ou 8 células de referência - Figura 9. O método demanda aplicações continuadas, até que seja alcançada a definição desejada. A estratégia foi aplicada aos modelos de avaliação de exemplo neste texto.

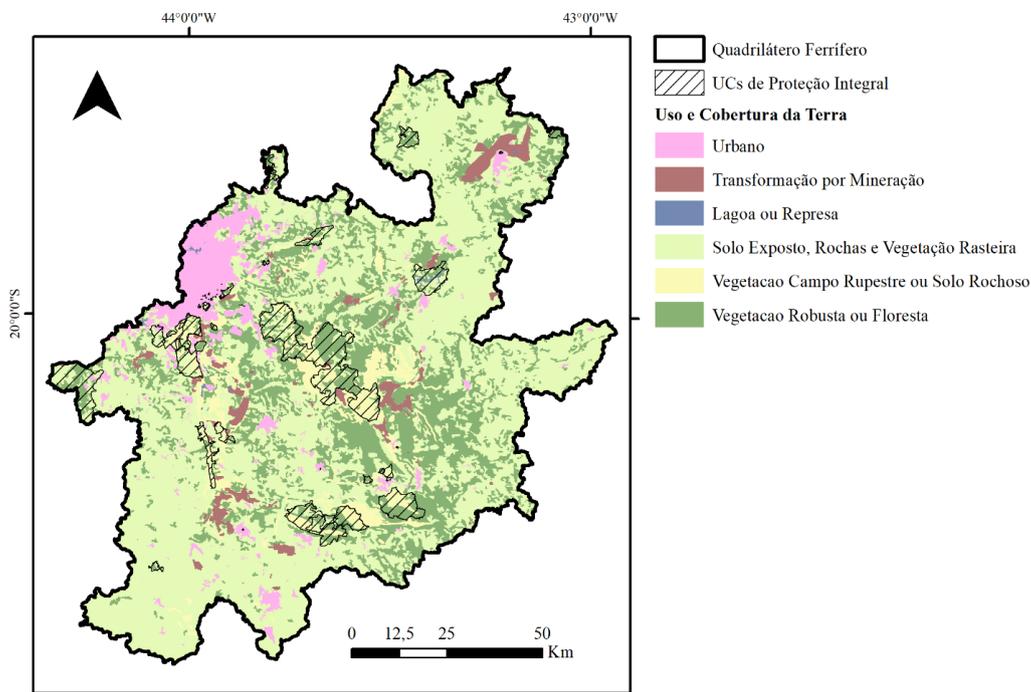
## Resultados e discussões

### Modelos espaciais e possibilidades de análise

Conforme observado, os diferentes tipos de modelo propiciam diferentes possibilidades de análise. A seguir, serão apresentados os Modelos de Representação – cobertura vegetal e UCs e rede hidrográfica; de Processo – NDVI e densidade hídrica; e de Avaliação – métricas de Ecologia da Paisagem e Importância Hídrica – utilizados no *workshop* supracitado, a fim de exemplificar essas distintas perspectivas analíticas.

O Quadrilátero Ferrífero é uma região permeada por diferentes e conflitantes interesses de ordem econômica, social e ambiental, em função da presença de recursos hídricos e de cobertura vegetal, área de expansão urbana, área de exploração mineral e área de valores notáveis da paisagem. A sobreposição e justaposição de interesses das partes atuantes resultam em conflitos espaciais, relacionados aos diferentes interesses de utilização do território. O Modelo de Representação de Uso e Cobertura da Terra permite a visualização de tais conflitos - Figura 10.

Figura 10: Modelos de Representação - Uso e Cobertura da Terra e UCs.



Fonte: IDE-Sisema. Desenvolvido pelo Laboratório de Geoprocessamento em 2021.

Alguns tipos de uso e de ocupação do solo exercem forte pressão sobre os recursos naturais e ambientais disponíveis. A exemplo, tem-se o visível *hotspot* de ocupação urbana, correspondente à Belo Horizonte. O processo de urbanização do município foi responsável pela supressão da vegetação nativa, restando poucos e isolados fragmentos, concentrados em pequenas áreas. A capital é majoritariamente ocupada por superfícies antrópicas e, em geral, não apresenta presença expressiva de cobertura vegetal.

A proporção de ocupação urbana também é bastante expressiva no entorno, podendo ser observadas dinâmicas de conurbação. Outra região de destaque em relação a impactos ambientais encontra-se a nordeste no Quadrilátero Ferrífero. Além da urbanização, observam-se extensas áreas de transformação por mineração. A atividade é um dos principais indutores de mudanças econômicas, socioculturais e ambientais na área (MILANEZ, 2017).

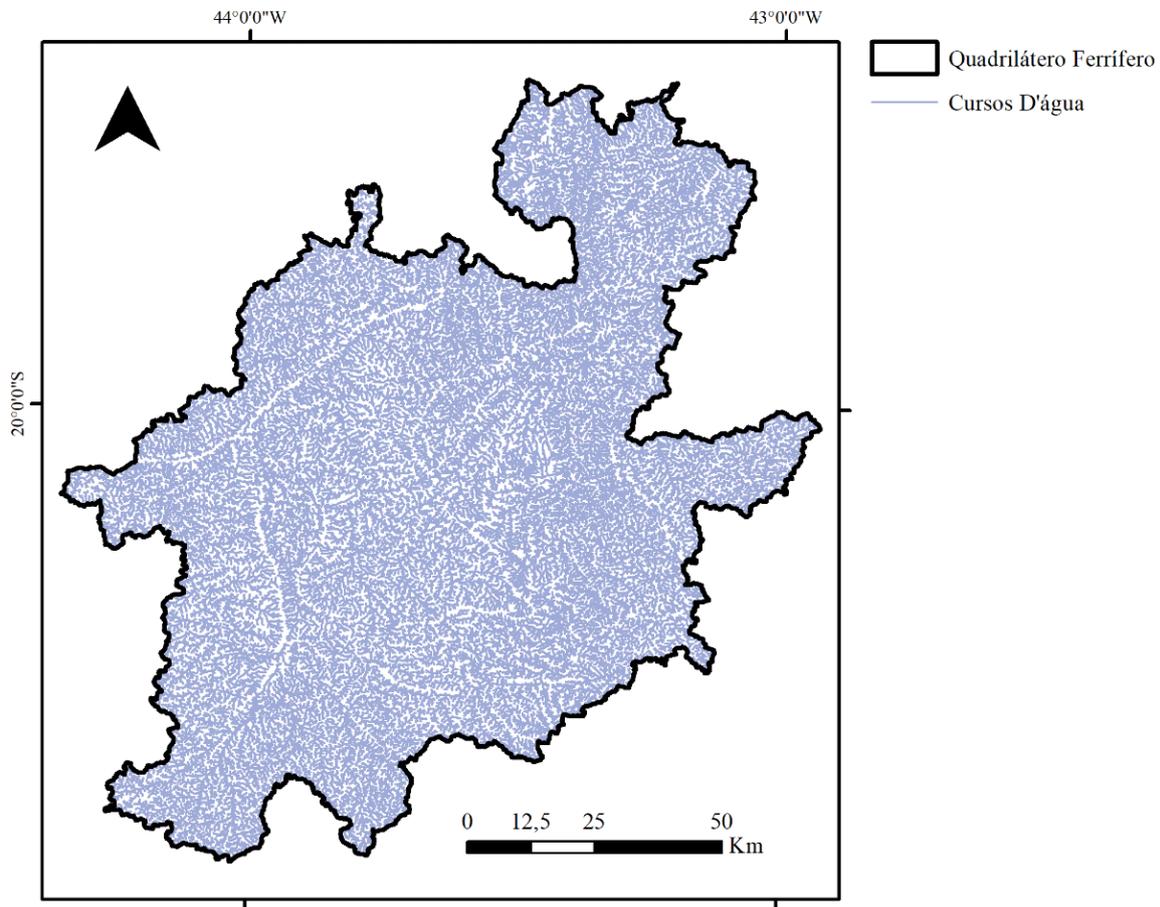
Embora a mineração ocorra de maneira temporária, o impacto ambiental causado é significativo, uma vez que sua realização exige movimentação do solo, construções de estradas de acesso, supressão de vegetação, geração de rejeitos e pilhas de estocagem etc. (CURI, 2002). Áreas de transformação por atividade minerária podem ser identificadas em diferentes porções do Quadrilátero Ferrífero, estando localizadas nos limites ou no interior de áreas com vegetação robusta ou com floresta. Também estão próximas à vegetação do Campo Rupestre fitofisionomia de grande relevância, principalmente em relação à biodiversidade que apresenta. É visível o conflito espacial entre a vegetação e a mineração em diversas regiões.

As áreas de solo exposto, de rochas e de vegetação rasteira, característicos dos campos de altitude e do Campo Rupestre, destacam-se em toda a área não antropizada da região de estudo. O modelo indica esse tipo de uso e de cobertura como o predominante no Quadrilátero Ferrífero.

Quanto às áreas de Unidade de Conservação de Proteção Integral, é possível observar uma melhora quanto à robustez da cobertura vegetal, com exceção daquelas que apresentam afloramentos rochosos com presença de campo rupestre. Devido à sua natureza, os solos sobre formações ferruginosas são, de maneira geral, rasos, compactos e pobres em nutrientes. Esses fatores exercem forte controle na distribuição da cobertura vegetal, submetendo a vegetação à forte pressão de seleção, não caracterizando vegetação exuberante.

A região do Quadrilátero Ferrífero possui uma extensa rede de cursos d'água. É possível perceber, pelo mapa indicado na Figura 11, a função das cumeadas e das cristas das serras como divisores de água, além da complexidade hidrográfica da área de exemplo.

Figura 11: Modelos de Representação - Rede Hidrográfica.

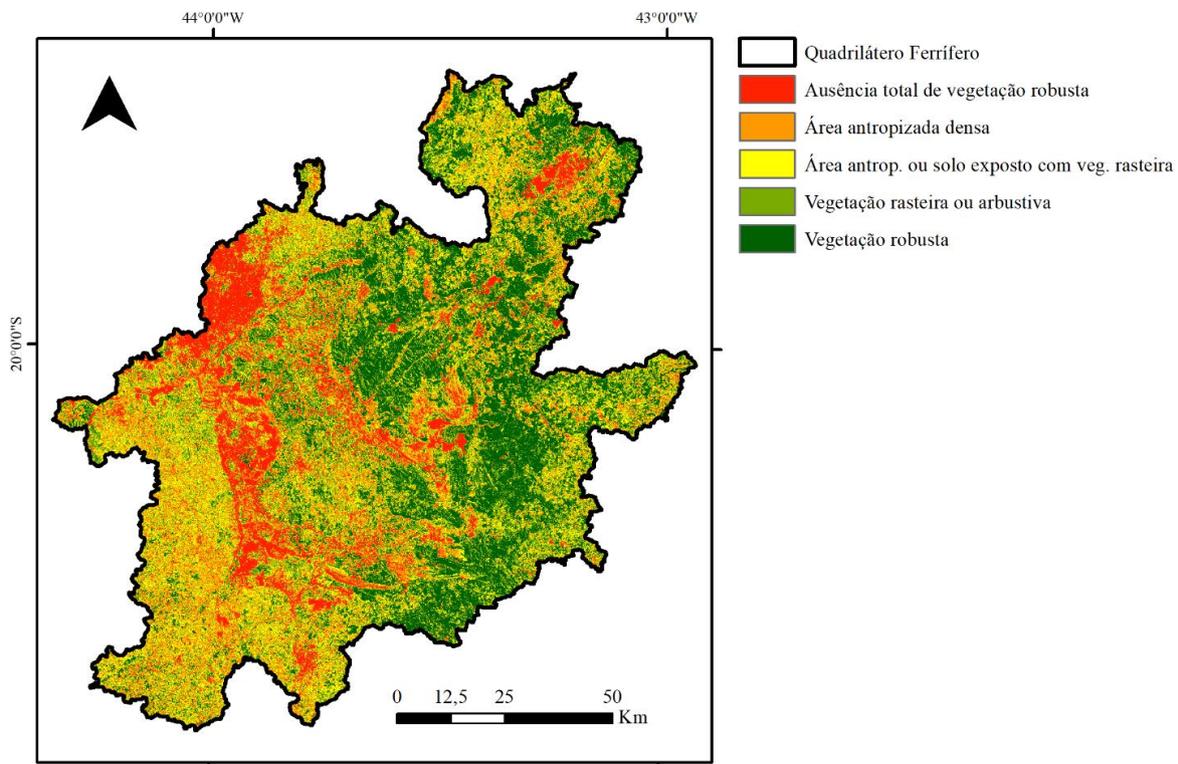


Fonte: IDE-Sisema. Desenvolvido pelo Laboratório de Geoprocessamento em 2021.

Entretanto, enquanto Modelo de Representação, torna-se complexa –em termos analíticos – a extração de informações na escala regional, na medida em que a quantidade e a distribuição de informações inviabiliza uma compreensão dos processos atuantes.

No que tange ao Modelo de Processo referente à vegetação (Figura 12), pode-se observar a ausência de cobertura vegetal expressiva associada a processos de antropização, sejam estes relacionados à urbanização, ou às áreas alteradas pela atividade minerária. Além disso, nota-se a ausência total ou parcial de vegetação nas cristas das serras ou topos de morro, comumente cobertos por cangas e pela fitofisionomia de Campo Rupestre. Especificamente nessa situação, as características físicas e naturais da região atuam de forma a não comportar vegetação exuberante.

Figura 12: Modelos de Processo - NDVI.



Fonte: LANDSAT-8. Desenvolvido pelo Laboratório de Geoprocessamento em 2021.

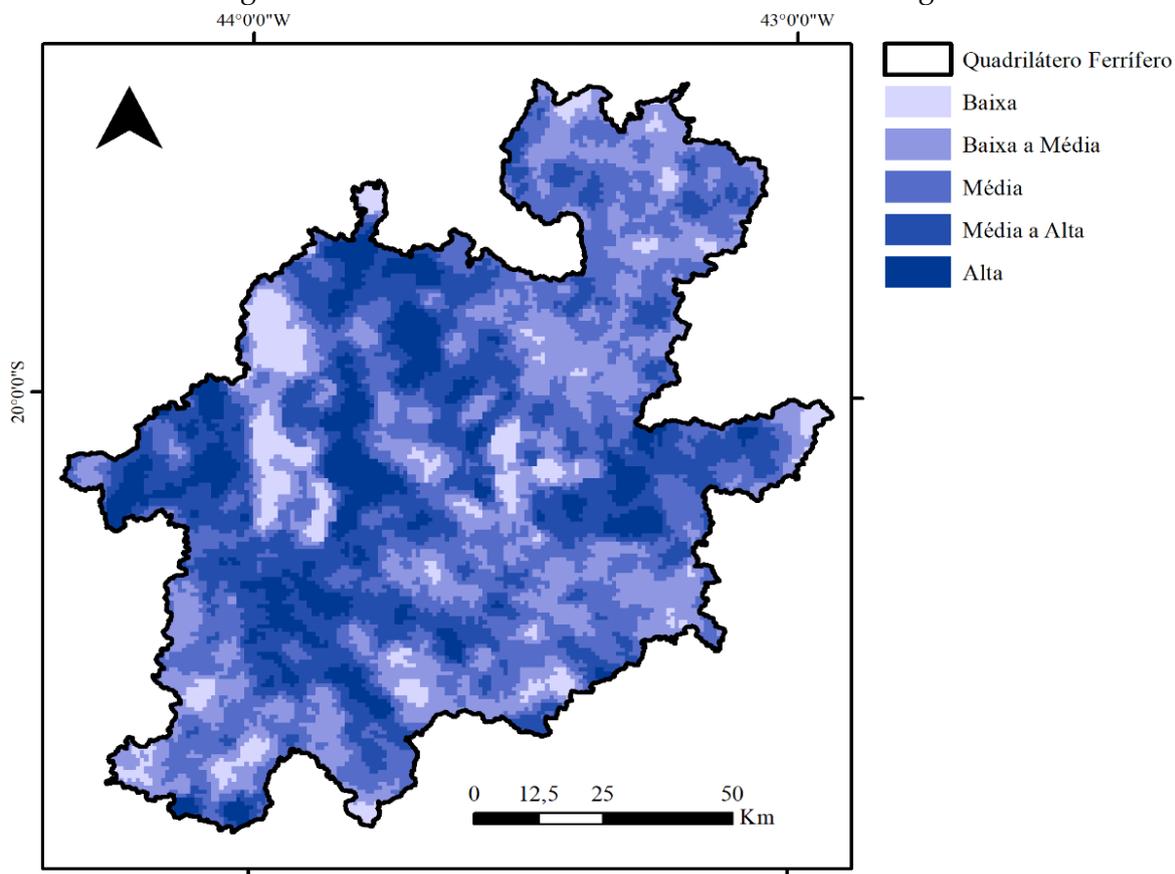
As regiões mais qualificadas sob o ponto de vista da robustez da vegetação estão associadas ao bioma de Mata Atlântica, naturalmente mais densas e de porte mais alto. Esse tipo de bioma pode favorecer o resfriamento das massas de ar e, conseqüentemente, o resfriamento nos contextos do clima regional e urbano.

Esse modelo avança em relação ao anterior, na medida em que permite a compreensão do comportamento da vegetação existente em termos de exuberância, bem como os efeitos da ação antrópica sob a cobertura natural da terra.

Para a escala regional, o modelo de densidade de drenagem favorece a compreensão dos fenômenos hidrográficos no Quadrilátero Ferrífero - Figura 13. Ao contrário do modelo anterior, aqui é possível identificar padrões de comportamento, bem como a concentração de regiões favorecidas ou fragilizadas sob o ponto de vista da hidrografia.

Ressalta-se, todavia, que não há um modelo melhor ou pior. Cada tipo de fenômeno, amparado pelo objetivo de análise, deve nortear a seleção de dados e seu respectivo método de modelagem e tratamento, em termos de geovisualização.

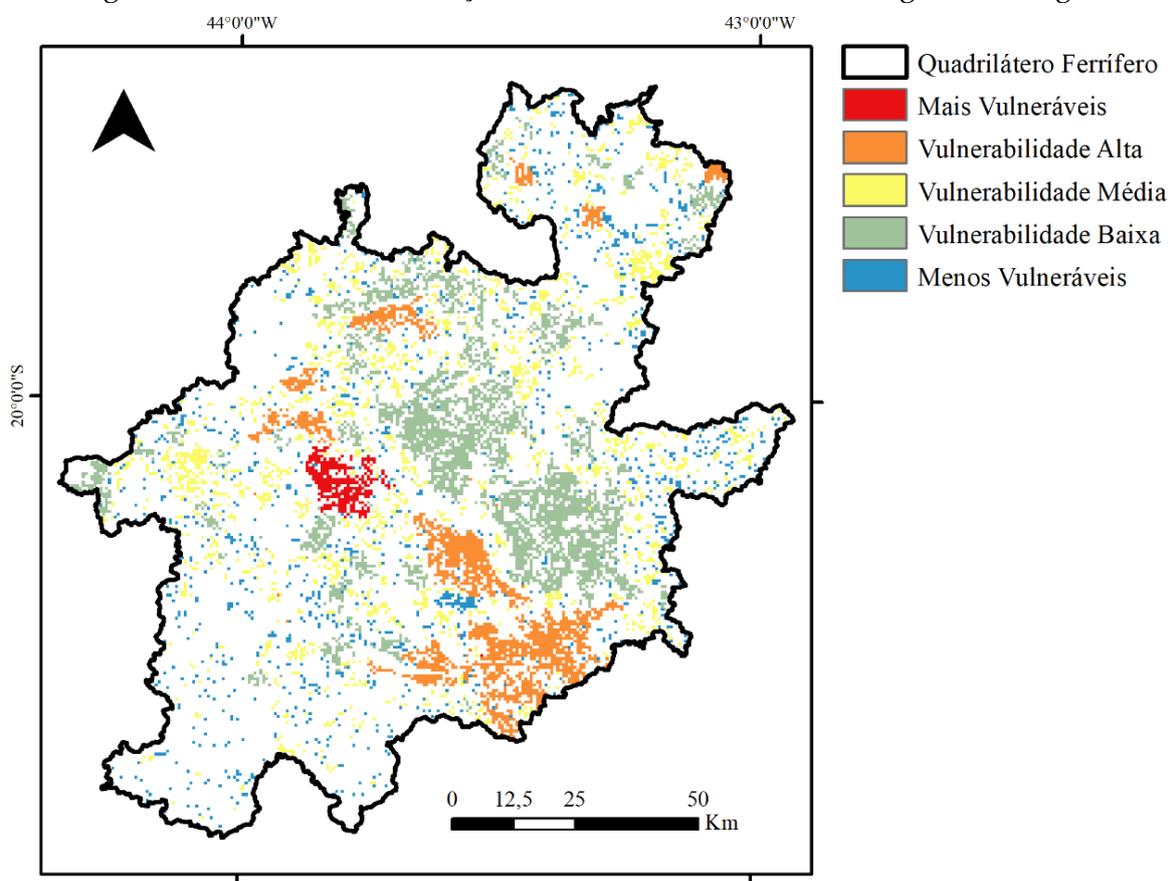
Figura 13: Modelos de Processo - Densidade de Drenagem.



Fonte: IDE-Sisema. Desenvolvido pelo Laboratório de Geoprocessamento em 2020.

A análise da síntese de Métricas da Ecologia da Paisagem permitiu identificar duas principais composições no Quadrilátero Ferrífero: paisagens com notáveis vegetações e vegetação com maior vulnerabilidade à transformação, que, portanto, demanda maior atenção quanto à perda de áreas verdes – Figura 14. A concentração de notáveis paisagens de vegetação ocorreu nas regiões centro e sudeste do Quadrilátero, principalmente junto a importantes serras da região. Os fragmentos vegetais com a melhor área núcleo se encontram, de forma geral, na região centro-sul da área de estudo – correspondente à bacia do Rio das Velhas.

Figura 14: Modelos de Avaliação - Síntese de Métricas de Ecologia da Paisagem.

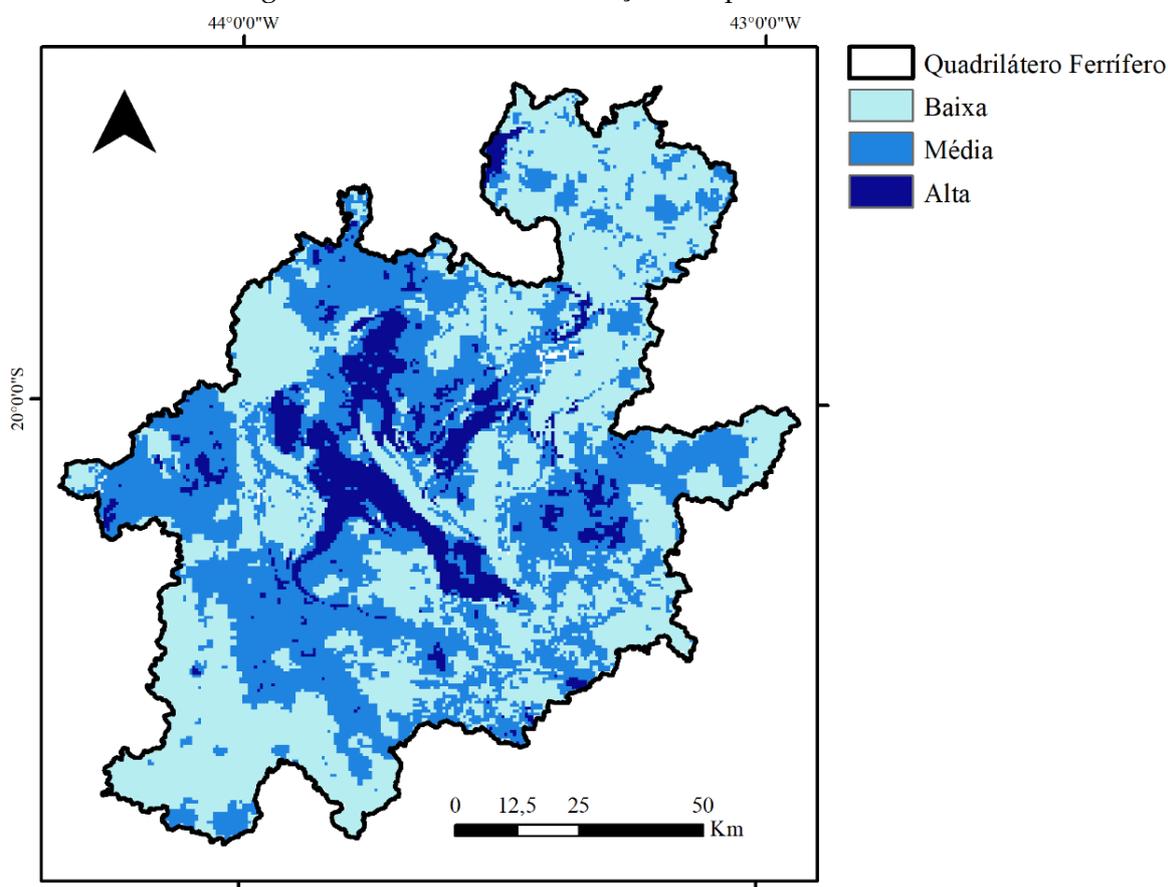


Fonte: Laboratório de Geoprocessamento, 2022.

Em contrapartida, as áreas correspondentes ao sul e ao norte do Quadrilátero, além daquelas próximas às centralidades urbanas, têm se mostrado mais suscetíveis à transformação, devido ao isolamento dos fragmentos. As áreas não protegidas estão vulneráveis aos avanços das dinâmicas urbanas, que tendem a se espalhar. Tal observação ressalta a importância da manutenção das Unidades de Conservação, já que são fundamentais para a proteção dos recursos naturais. É possível perceber que os fragmentos mais isolados são menores em área e estão mais distribuídos por todo o Quadrilátero Ferrífero, quando comparados com as grandes manchas verdes centrais. Esse modelo, novamente, apresenta um avanço para fins analíticos, na medida em que viabiliza a indicação de regiões mais frágeis e/ou sob risco.

O Modelo de Avaliação proposto, a avaliação do Quadrilátero em termos de hidrografia, possibilita a compreensão sistêmica do funcionamento e da fragilidade da região - Figura 15. É possível perceber que muitas áreas de alta importância hídrica coincidem com Unidades de Conservação, como o Monumento Natural Estadual de Itatiaia e o Parque Estadual da Serra do Ouro Branco – ambas UC de Proteção Integral. Em uma dessas áreas, encontra-se a Captação de Bela Fama, pertencente ao Sistema Integrado Rio das Velhas, correspondente ao abastecimento de 70% de Belo Horizonte (CASTRO *et al.*, 2020).

Figura 15: Modelos de Avaliação - Importância Hídrica.



Fonte: Laboratório de Geoprocessamento, 2021.

No que tange os recursos hídricos, os impactos gerados pela atividade minerária ocorrem em, pelo menos, três níveis: pelo elevado consumo de água; por alguns tipos de processos de extração – que podem levar ao rebaixamento do lençol freático e ao comprometimento da recarga dos aquíferos; e, por fim, ao risco de contaminação (MILANEZ, 2017). Diante do exposto, torna-se necessária a adoção de medidas mais restritivas para determinadas áreas. Reforça-se, também, a importância de manutenção e de criação de unidades de conservação, que, além de serem protegidas devido às suas características especiais, são essenciais para a proteção das águas e de outros recursos naturais.

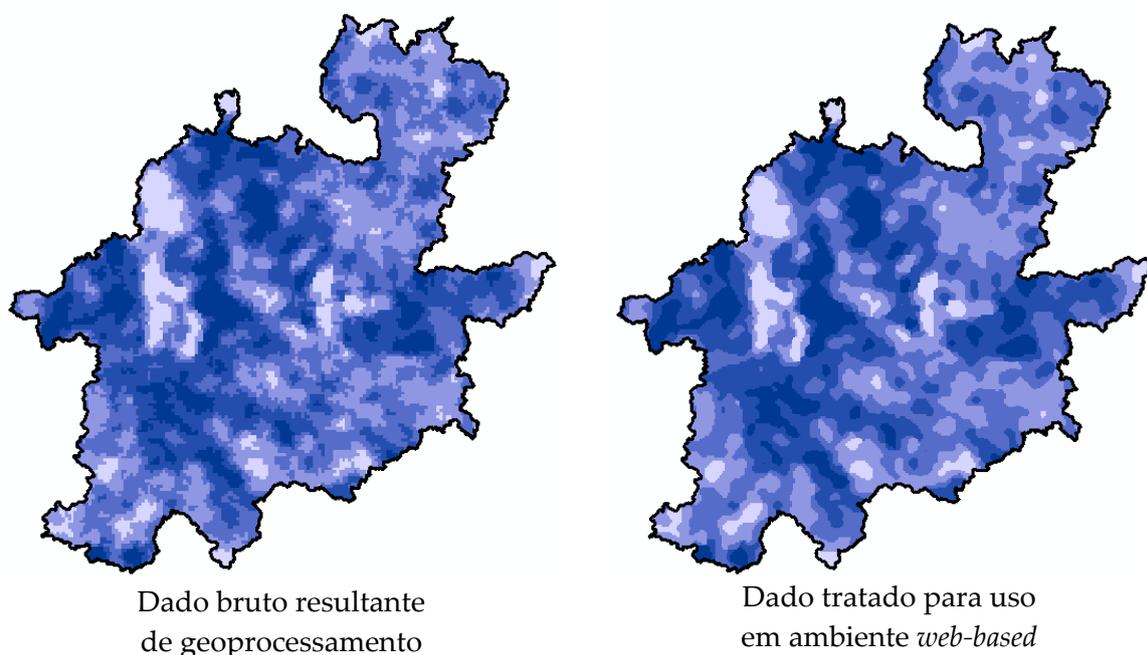
Para as análises do sistema em questão, os diferentes tipos de modelo favoreceram distintas percepções acerca do Quadrilátero Ferrífero. Tal constatação reforça o caráter informativo e a máxima das inúmeras possibilidades de aplicação de ferramentas de geotecnologias e dados espaciais para fins de análise, de planejamento e de gestão do território.

## Dados espaciais tratados para uso em ambientes *web-based*

A seguir, serão apresentadas comparações entre os modelos antes e depois dos tratamentos, para simplificação e generalização a partir de médias. Ressalta-se o fato de o dado tratado no exemplo ser de estrutura matricial - Densidade Hídrica (Figura 16).

É possível notar que os modelos representados na figura acima mostram-se visualmente similares. O dado tratado mantém seu caráter informativo e analítico, ao mesmo tempo em que se mostra simplificado, a fim de favorecer a formação de opinião, a tomada de decisões e o próprio manejo do dado em ambiente *web-based*.

Figura 16: Modelo de Processo - Densidade Hídrica  
Comparação entre representações com dados brutos e tratados.



Fonte: Laboratório de Geoprocessamento, 2021.

Os tratamentos descritos são de suma importância no que tange à fluidez da experiência do usuário, além de evitarem labirintos de detalhes desnecessários para a escala em questão. Ressalta-se o fato de que cada estudo de caso demanda ponderações e escolhas particulares, a despeito do caminho metodológico de base aqui abordado.

### Considerações finais

As Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE) possibilitam acesso a uma gama expressiva de dados de distintas naturezas, origens e estruturas, possibilitando novas aplicações e cruzamento de fontes diversas. Com isso, ampliam-se e maximizam-se as

possibilidades de uso aos usuários. Ademais, esse acesso facilitado resulta na economia de recursos e de tempo para geração e atualização de dados.

No contexto do *geodesign*, cabe ao organizador do estudo de caso identificar as principais características da área de estudo e definir as principais variáveis a serem mapeadas, as quais servirão de suporte aos trabalhos no *workshop*. Para isso, ele deve ter clara definição de objetivos e verificar a disponibilidade de dados escolhidos, avaliando se o processo de construção e de modelagem também estão alinhados à escala de abordagem, de modo a alcançar análises consistentes e assertivas. Na ausência de dados planejados, pode-se pensar em trabalhar com variáveis *proxy*, que seriam aquelas associadas às variáveis esperadas e que podem ajudar na tomada de decisões. A exemplo: na ausência de dados de distribuição espacial de renda, pode-se mapear a qualidade das edificações. Uma variável não é exatamente a outra, mas apresentam relações que ajudam nas escolhas locais.

Ademais, alguns Modelos de Representação e de dados são suficientes para a análise em determinadas escalas (ex: cobertura do solo e escala regional), enquanto outros, devido à quantidade expressiva e à forma de distribuição dos dados, podem impossibilitar a compreensão dos processos e das dinâmicas envolvidas em determinadas escalas de abordagem (ex: cursos d'água e escala regional).

Em algumas situações, podem ser apresentados tanto os mapas de Modelo de Representação, quanto os de Modelo de Processos e os de Modelos de Avaliação, pois podem cumprir funções diferentes e específicas. Exemplo: o mapa de hidrografia, com os cursos d'água, cumpre a função de apresentar a distribuição da rede hidrográfica. Esse mapa pode ser trabalhado em relação à densidade dos cursos d'água, apresentando as variações de concentração ao longo do território, constituindo um Modelo de Processo, pois indica como opera a rede hidrográfica. Contudo, um mapa síntese da concentração de cursos d'água, com áreas de potencial de recarga e áreas de unidades de preservação permanente, resultaria em um Modelo de Avaliação, para se entender o que, a juízo do participante, seria a área de maior importância hídrica e quais delas já estão resguardadas pela legislação. Dessa forma, cada modelo cumpre uma função e eles, juntos, compõem a caracterização da área, favorecendo a tomada de decisões.

No que se refere ao processo de tratamento, os dados precisam passar por essa etapa, de modo a torná-los padronizados, com resoluções espaciais coerentes com a escala de análise e com simbologias adequadas. A redução do tamanho dos dados, bem como a eliminação de ruídos ou de aspectos de detalhe não adequados à escala de abordagem, são processos também necessários, uma vez que tornam a visualização e a manipulação mais ágil em ambientes *web-based*. Tais procedimentos facilitam a leitura e o consumo da geoinformação, além de favorecer a formação de opinião e a tomada de decisão.

As plataformas de distribuição e de consumo da informação geográfica podem ter recursos mais simples, limitados à visualização e à consulta de dados. Podem, todavia, também evoluir e permitir o *download* dos dados para amplo emprego pelos usuários.

Contudo, a condição mais avançada é a que permite, também, a conexão da IDE com outros ambientes *web-based*, para que a camada de informação seja consumida diretamente, sem a necessidade de *downloads*. A camada se integra à plataforma do usuário como consumo da informação, permitindo, eventualmente, o acesso por algoritmos que façam os cálculos e produção de análises de interesse do usuário. Há um longo caminho para que as plataformas coloquem os seus serviços em melhor condição, mas, uma vez conquistado esse recurso, os procedimentos de uso da informação geográfica serão muito qualificados, com destaque para o uso da metodologia do *Geodesign*.

## Referências

- AFONSO, C; SILVA, R. P. Infraestrutura de Dados Espaciais nos Municípios: contributo para a definição de um modelo de implementação. **Fórum Geográfico Revista Científica e Técnica do IGP**, Ano III, n.3, p.92-101, 2010.
- AMARAL, R; BEZERRA, M. C. L; BAPTISTA, G. M. M; RIBEIRO, R. J; OLIVEIRA, A. N. Bases para o planejamento territorial urbano: uso de imagens hiperespectrais para a identificação de áreas geradoras de funções ecológicas de suporte. **Cidades, Comunidades e Territórios**, Lisboa, v. 1, 2020. p. 71-89. DOI: <https://doi.org/10.15847/cct.20152>
- BORBA, R. L. R. **Ecosistema para Infraestrutura de Dados Espaciais Híbrida, Coproduzida, Colaborativa, Convergente e Compartilhável**. Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em Engenharia de Sistemas e Computação. COPPE/UFRJ. 2017.
- CAMARGOS, L. M.; MOURA, A. C. M.; REZENDE, C. F. Análise multicritérios na identificação de classificação de importância hídrica no quadrilátero ferrífero - MG. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 43-3, 2020, p. 23-34. DOI: [https://doi.org/10.11137/2020\\_3\\_23\\_34](https://doi.org/10.11137/2020_3_23_34)
- CASTRO, T. A.; ENDO, I.; GANDINI, A. L. **Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos**. Belo Horizonte: 3i Editora, 2020.
- FREITAS, C. R. **Tecnologias de Geoinformação no planejamento territorial: novas formas de produção, compartilhamento e uso de dados espaciais**. 2020. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Arquitetura. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CURI, A. **Análise Qualitativa da Sustentabilidade Ambiental da Mineração: Mito e Realidade**. In: Villas Bôas, R. & C. Beinhoff (eds). Indicadores de Sustentabilidade para la Industria Extractiva Mineral. Rio de Janeiro: CNPq/ CYTED, 2002. p. 41-67
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, McLean, v. 56 (3), 1945, p. 275-370. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)

MELLO, T. A. G. **Planejamento Orientado ao Clima: uma abordagem multiescalar**. 2022. Monografia de conclusão de curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo), Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MILANEZ, B. Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental** - Artigos, n. 16, 2017.

MOLENAAR, M. Status and problems of geographical information systems. The necessity of a geoinformation theory. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**. Volume 46, Issue 2, Pages 85-103, 1991.

MORAIS, C. F. **Parametrização da qualidade ambiental urbana em diferentes escalas de paisagem**. 2022. Monografia de conclusão de curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo), Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MOURA, A. C. M. Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano. Ed. Interciência, 2014. 286 p. (1a. edição 2003).

MOURA, A. C. M. **Escolhas Conscientes em Tecnologias de Geoinformação para Representação, Análise, Simulação e Proposição para um Território: Suporte ao Geodesign**. In.: SUTIL, T; PEREIRA, J. R; LADWIG, N. I.; ZOCCH, J. J; PEREIRA, J. L. Geoprocessamento na análise ambiental. Criciúma (SC): Unesc, 2020. Cap. 1, p. 11-68. DOI: <http://dx.doi.org/10.18616/geop01>

MOURA, A. C. M.; FREITAS, C. R. Brazilian Geodesign Platform: WebGis & SDI & Geodesign as Co-creation and Geo-Collaboration. **Lecture Notes in Computer Science**. 1ed.: Springer International Publishing, v. 12252, pp. 332-348 (2020). DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58811-3\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58811-3_24)

MOURA, A. C. M; FREITAS, C. R. **Co-creation of Ideas in Geodesign Process to Support Opinion and Decision Making: Case Study of a Slum in Minas Gerais, Brazil**. In: La Rosa D., Privitera R. (eds) Innovation in Urban and Regional Planning. INPUT, 2021. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 146. Springer, Cham. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-68824-0\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68824-0_28)

ROCHA, N. A; BORGES, J. L. C; MOURA, A. C. M. Conflitos das dinâmicas de transformação urbana e ambiental à luz da ecologia da paisagem. **PARC, Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 7 (1), 2016. p. 23-34. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v7i1.8644222>

SENA, I. S; CASAGRANDE, P. B; ROCHA, N. A; FONSECA, B. M; MOURA, A. C. M. Methodology for green and built volume analysis. **Mercator**, Fortaleza, v. 17, e17021, 2018. p. 1-13. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2018.e17021>

SILVA, R. L. da; JULIÃO, R. P. Uma visão geral do uso e benefício das Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE). **26th APDR Congress, Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Regional (APDR)**, 2019.

STEINITZ, C. **A Framework for Geodesign: Changing Geography by Design**. ESRI Press, Redlands, 2012.

XAVIER, E.; MEYER, W.; LUNARDI, O. A. Aplicações, tendências e desafios em infraestruturas de dados espaciais. **Bahia Análise & Dados** 0103-8117. 25. 699-714. 2016.

## Capítulo 5

### Geodesign para planejamento urbano por cocriação: os desafios da escalabilidade no ensino remoto

Ana Clara Mourão Moura  
Nicole Andrade Rocha

#### Introdução

Desde 2019, a portaria nº 2117 do MEC (Ministério da Educação) permite que 40% da carga horária das disciplinas dos cursos de graduação superior no Brasil sejam ofertadas na modalidade EaD (Ensino a Distância). Todavia, não há especificações quanto à categoria pela qual a dinâmica da aula irá acontecer: se síncrona, com a figura do professor ministrando o conteúdo programático da disciplina em tempo real e em um horário fixo, ou se assíncrona, através da figura de um tutor ou de um professor, no qual o aluno tem acesso ao conteúdo programático previamente preparado, com flexibilidade de horário.

Com a pandemia, o ensino no Brasil e no mundo viu-se em um novo desafio, com aulas ofertadas de forma 100% virtual, de modo que os conteúdos programáticos das disciplinas tiveram de ser rapidamente adaptados à nova realidade imposta. Essa situação não foi diferente para o curso de Arquitetura e Urbanismo, que passou a ser ministrado em salas virtuais, instigando o professor a adaptações de conteúdos e de práticas pedagógicas para o novo contexto.

Nesse sentido, as disciplinas voltadas para o Planejamento Urbano e Territorial nos cursos de Arquitetura e Urbanismo, que, segundo Ribeiro (2002), já passavam por transformações na ordem de novas orientações teóricas, conceituais e metodológicas devidas às pressões de novas administrações públicas e dos papéis assumidos pelo Estado em relação à gestão, além dos crescentes debates acerca do uso e da apropriação do espaço público enquanto lugar e valor pelos diferentes agentes sociais e pelas articulações entre as escalas das esferas econômicas, políticas e democráticas, se viram em um novo momento.

Ao mesmo tempo em que a pandemia foi um desafio, foi também uma oportunidade para reunir grupos de trabalho de diferentes localizações do país, uma vez que o lugar e a distância se tornam relativos, de modo que estar a poucos quilômetros de distância não fazia diferença quanto a estar a centenas de quilômetros. Ensinar juntos e realizar os encontros por videoconferência, sabendo que grupos estavam trabalhando em paralelo no Brasil sobre a mesma temática e que aquela era a nova lógica de interagir, motivou os

alunos participantes no experimento em comum, que reuniu pessoas de norte a sul do país e aproximou as universidades UFMG em Belo Horizonte, UFRRJ e UFRJ em Seropédica e no Rio de Janeiro, e a Faculdade Metodista Granbery em Juiz de Fora, alunos das UNESC de Santa Catarina e da UFMA do Maranhão.

Foram compostos quatro grupos de trabalho, quais sejam: a) MG (composto por alunos da Escola de Arquitetura da UFMG, disciplina de Planejamento Sustentável); b) BR (composto por participantes interessados em conhecer o Geodesign de universidades de Santa Catarina, do Maranhão, alunos da pós-graduação da UFMG e profissionais do planejamento urbano já formados, reunindo, sobretudo, geógrafos, engenheiros e arquitetos urbanistas); c) RJ (professores e bolsistas da UFRRJ e da UFRJ dos cursos de Geografia); d) JF (alunos da disciplina de Planejamento Urbano e Regional do Curso de Arquitetura da Faculdade Metodista Granbery em Juiz de Fora - MG). Cada grupo trabalhou em dias e horários semanais diferentes, mas todos cumpriram as tarefas previstas para cada encontro do workshop. O workshop teve 4 semanas com duração de 16 h/a, embora alguns grupos tenham se empenhado um número maior de horas em estudos conceituais anteriores aos encontros.

Os quatro grupos não se encontraram, mas tinham conhecimento dos demais participantes que estavam atuando em paralelo, dentro dos princípios de uma mídia social. Ou seja, o indivíduo tem informações e notícias sobre a ação e o pensamento do outro, ele registra suas ações e pensamentos, e se constrói um posicionamento representativo de valores de época e do grupo geral. Os grupos individuais, estes sim, se reuniram por videoconferência para a participação, mas os quatro grupos criados não chegaram a se reunir em uma única chamada. Saber que desenvolviam seus trabalhos em paralelo e à distância criou um interesse e manteve um vínculo semelhante aos valores contemporâneos de seguir uma história construída coletivamente, da qual o indivíduo faz parte, ao mesmo tempo em que observa a atuação alheia.

No âmbito das questões conceituais, cabe discutir o papel das correntes em planejamento, aplicáveis ao planejamento urbano e territorial, definidas por Khakee (1998). Segundo o autor, há diferentes níveis e formas de envolvimento cidadão no planejamento através das correntes: Planejamento Racional-Compreensivo; Planejamento Incremental ou Incrementalismo; Planejamento Advocatício, Planejamento orientado pela implementação, Planejamento Estratégico, Planejamento Transativo ou Participativo, Planejamento Negociativo, e Planejamento Comunicativo. Todas elas, caso aplicadas, serão entendidas e aceitas como envolvimento dos cidadãos nas decisões; entretanto, em todas elas há sérias limitações do que se entende por participação.

No Brasil – sobretudo, no ensino de planejamento urbano – o Planejamento Racional-Compreensivo foi e ainda é amplamente aplicado, baseado na elaboração de robustos dossiês que produzem diagnósticos de uma área, apresentando em detalhes suas caracterizações, seus indicativos de vulnerabilidades e suas potencialidades. No ensino, o processo se limita à etapa diagnóstica e avança pouco na etapa prognóstica. O princípio, quando aplicado em instituições de planejamento, resulta em dossiês de

interesse técnico e político. Quando há escuta cidadã, esta acontece em reuniões públicas nas quais as análises produzidas são apresentadas, embora o plano tenha caráter autoral, ainda que conduzido por grupo técnico.

Outra corrente predominante no ensino e na prática do planejamento urbano é a abordagem Advocatícia. Esse modelo de planejamento é muito comum nas ações junto a comunidades socialmente fragilizadas no Brasil. Nele, os técnicos acreditam que precisam atuar em nome de seus representados, chegando a construir estruturas de orientação relativamente a como devem acontecer as ações, de modo que os cidadãos acreditam estar participando, enquanto, de fato, estão sendo conduzidos, ainda que com o discurso das boas intenções. No ensino, os alunos recebem capacitação sobre como atuar junto à comunidade, sendo levados a crer que conseguem, de fato, representar os seus representados através de suas atuações.

O planejamento Participativo tem como expectativa a associação entre técnicos e cidadãos, mas os profissionais de planejamento precisam ter habilidades comunicativas e capacidades de orquestrar e motivar processos, entendendo a orientação técnica como mais uma informação a ser somada à leitura das questões, de modo informativo. Esse tipo de planejamento pode dar certo, se o técnico ampliar suas condições de escuta e fazer mediações que não sejam apenas votações para aprovações de propostas. No ensino, a expectativa de fazer algo semelhante promove práticas em que os estudantes interagem com a comunidade, aplicam questionários, analisam. Contrariamente, que tem sido observado é um certo esgotamento de práticas pouco efetivas, que não saem, como os outros modelos, da etapa de caracterização e de análise.

Ainda no esquema de Khakee (1998), é colocado o Planejamento Comunicativo. Este defende que cada ação é específica para cada caso, reconhecendo que o planejador é parte não neutra do processo, devendo atuar como mediador, levando as discussões a consensos. Segundo Campagna et al (2016), o método de Geodesign, conforme proposto por Steinitz (2012), pode ser classificado, dentro do esquema de Khakee (op. cit.), como um Planejamento Comunicativo, no qual os atores trabalham juntos guiados por um condutor.

Quando se analisa o framework do Geodesign proposto por Steinitz (op. cit.), observa-se o papel central do mediador na estruturação e na condução de um workshop. Cabe a ele definir os temas principais a serem discutidos, a composição dos grupos, os modos de intercâmbio entre os grupos e as análises das propostas elaboradas. É um novo caminho a ser investigado, mas atentando para que o mediador se coloque apenas como orquestrador do processo, fazendo os necessários emparelhamentos psicológicos para incentivar e fornece informações oportunas, retraindo-se quando em etapas de decisão.

O Geodesign é definido como um método para projetar (design) considerando a geografia (geo) e incluindo diferentes atores da sociedade em dinâmicas de construção conduzidas por um mediador. Autores defendem que ele é uma continuidade dos pensamentos inicialmente colocados por McHarg, no livro "*Design with Nature*" (1969), pois o processo pode ser feito de modo analógico, por sobreposição de mapas em

transparência, indicando vulnerabilidades e potencialidades, resultando em áreas para a elaboração de propostas de transformação da área de estudo. Defendem, também, que, entre os arquitetos, o que mais usou a lógica de projetar para a geografia foi Frank Lloyd Wright (DANGERMOND, 2009; ERVIN, 2011; MILLER, 2012). Atualmente, o grande diferencial do Geodesign está em associar os recursos das tecnologias geoespaciais, sobretudo as *web-based*, usando-as como suporte para planejar coletivamente futuros alternativos para a paisagem.

Steinitz (2012) dedica um capítulo de seu livro "*A framework for Geodesign*" para abordar o potencial do tema no ensino. Para o autor, os estudos de Geodesign deveriam ser necessariamente transdisciplinares, recebendo alunos de diferentes cursos na mesma disciplina, pois planejar o futuro da paisagem requer conhecimentos e opiniões de diferentes naturezas. Consequentemente, uma condução não limitada a um eixo favorece que os alunos aprendam a trabalhar e a interagir com outras áreas do conhecimento. Fisher (2016) defende que o método pode ser aplicado em diferentes áreas do saber no ensino. Da mesma forma, Muller e Flohr (2016) argumentam que o método de Geodesign aprimora as habilidades analíticas dos alunos em lidar com situações complexas que envolvem diferentes variáveis, favorecendo a formação para lidar com problemas urbanos e ambientais urgentes do mundo contemporâneo. Há um conjunto de experiências de uso do Geodesign em experimentos acadêmicos relatadas pelo grupo IGC (*International Geodesign Collaboration*) no livro publicado por Fisher, Orland e Steinitz (2020).

Em um workshop de Geodesign, os agentes envolvidos são convidados a pensar "*in loco*" suas intenções através do uso de mapas e targets, sob o caráter de "planejadores urbanos", indicando políticas e intenções projetuais, entendendo que os agentes são os conhecedores do lugar, em suas potencialidades e vulnerabilidades. Essa dinâmica acontece através das interações, nas quais são feitas negociações ou concessões entre as proposições criadas, visando a acordos ou a novas propostas.

O Geodesign se coloca como uma possibilidade a ser investigada para o ensino de planejamento urbano. Moura (2019) defende o Geodesign como uma resposta aos desafios contemporâneos, na qual o planejador pode considerar os desejos coletivos e construir propostas em codesign por meio de escuta e da participação cidadã, num processo que reduz o papel autoral do planejador urbano e amplia o de decodificador da vontade coletiva. Destaca-se, também, que, pela otimização dos processos propositivos e de negociação, obtêm-se resultados otimizados, pois ao decidir por uma ideia o participante não está preocupado com "quem" a elaborou, mas sim se a proposta é adequadamente localizada, interessante e se merece ser escolhida. O método levado à prática reduz significativamente o tempo empenhado e pode reduzir os custos dos processos de planejamento, em muitos sentidos (MONTEIRO et al., 2018).

Diante do exposto, é objetivo deste artigo discutir as possibilidades de aplicação do Geodesign no ensino de planejamento urbano, com critérios defensáveis e reproduzíveis, além de aplicáveis a diferentes grupos, comprovando a escalabilidade

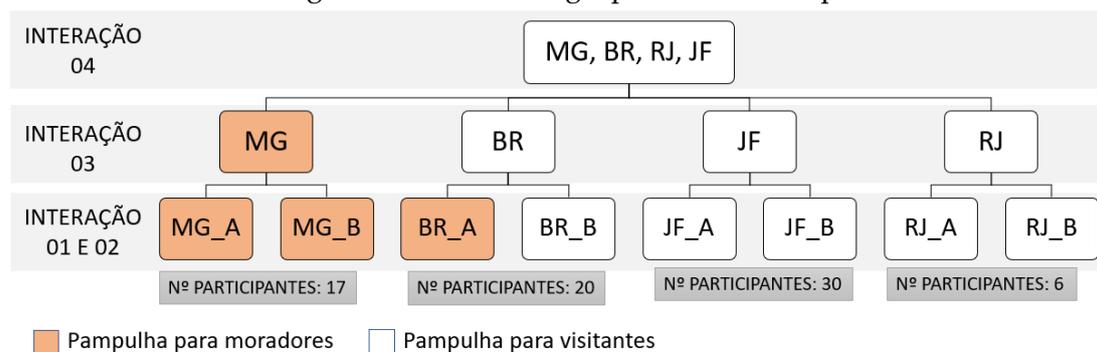
do método e discutindo a adequação de processos através do relato de práticas que ocorreram nas universidades envolvidas.

## Metodologia

Para o experimento, foi utilizado o Geodesign como método, segundo o framework de Steinitz (2012), através de 4 encontros síncronos. Nesses encontros aconteceram as interações durante uma tarde, uma manhã ou uma noite, dependendo da proposta de hora-aula de cada instituição, sendo que coube a cada grupo definir a proporção de aulas com ou sem a presença do professor como orientador no formato de workshop. Além disso, ocorreram 3 encontros assíncronos prévios ao workshop em si, através de aulas conceituais gravadas e da oferta de material didático de apoio. Foram disponibilizados, ainda, artigos sobre a questão conceitual (o que é Geodesign e a proposta do framework de Steinitz), informações a respeito do estudo de caso, destacando o conjunto arquitetônico da Pampulha como Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO em 2016, uma vez que nem todos os alunos eram ou conheciam Belo Horizonte. Além do tema Geodesign em si, foi apresentada aos alunos uma aula gravada sobre as cidades e as pandemias, mostrando, ao longo da história, como as cidades e modo de vida urbano foram condicionados por questões de saúde e de saneamento, desde as cidades coloniais no Brasil, com destaque para as cidades industriais e modernistas na Europa, até os dias de hoje, quando muitas das lições aprendidas foram esquecidas e nos encontramos diante do desafio de planejar a cidade que traz novas formas de se relacionar com os espaços individuais e coletivos.

O desafio proposto para os participantes foi projetar futuros alternativos para Pampulha, pensando na cidade pós-pandemia. Como estavam participando pessoas de Belo Horizonte (grupo MG e parte do grupo BR) e de fora de Belo Horizonte (grupo JF e grupo RJ), uma parte pensaria a Pampulha para os moradores; outra, para os visitantes, uma vez que ela é Patrimônio da Humanidade. Assim, os grupos MG, BR, JF e RJ, na primeira e na segunda interação, foram divididos em dois subgrupos A e B. Já na segunda interação, os grupos A e B foram reunidos. Por fim, última interação, foram reunidas todas as propostas políticas e projetuais (fig. 01).

Figura 1: Divisão dos grupos do workshop.



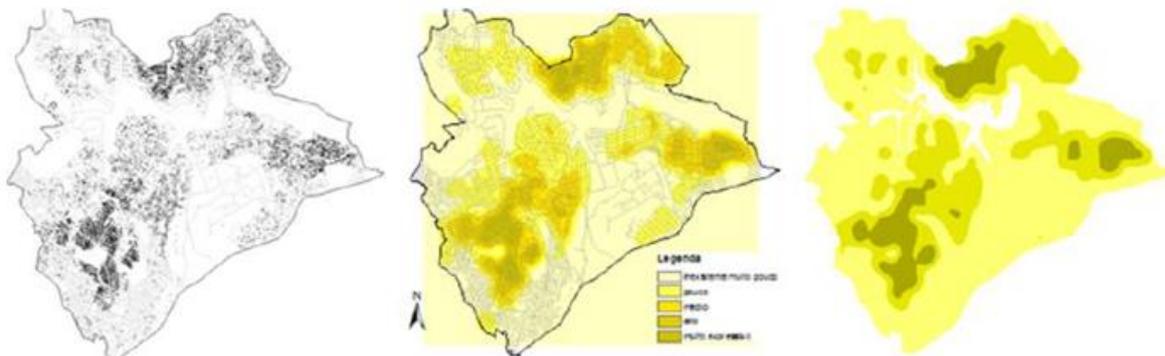
Fonte: Os autores

## Desenvolvimento

Segundo Steinitz (2012), o processo de Geodesign deve passar por seis etapas, constituídas por seis modelos. Três dos modelos devem ser preparados antes do workshop, e três deles acontecem durante o workshop, mas exigem um preparo pré-workshop. O primeiro modelo é o de Representação, que visa a organizar dados sobre as questões principais a serem tratadas no workshop, respondendo à questão “como a área pode ser descrita?”. O segundo modelo é o de Processos, visando a transformar o dado em distribuição potencial espacial, informando como o fenômeno ou ocorrência acontece na área, respondendo à questão: “Como opera a área de estudo?”. O terceiro modelo é o de Avaliação, que constitui um julgamento, definido pelo grupo organizador relativamente às áreas aptas para receberem propostas, sejam elas por vulnerabilidades e necessidades, ou por potencialidades e recursos disponíveis. O modelo responde à questão “A área de estudo está operando bem?”.

No exemplo a seguir, observa-se a transformação de um modelo de Representação (o dado sobre novas edificações construídas nos últimos 5 anos) em um modelo de Processo (área de concentração de novas edificações). Na sequência, caso fosse do interesse do organizador solicitar a elaboração de ideias para onde motivar o adensamento e o incremento das novas ocupações, ele poderia somar a informação de concentração com questões relativas à disponibilidade de infraestrutura, por exemplo, resultando em modelo de Avaliação, indicando as áreas ótimas para receberem propostas. (Fig. 02).

Figura 2. Exemplo de Modelo de Representação e Modelo de Processo, Regional Pampulha.



Fonte: Os autores

O Modelo de Avaliação geralmente é construído a partir da síntese de outras camadas de informação, definidas como componentes principais na composição de um julgamento que indica as áreas ótimas para se colocar as propostas, por sistema. Ele pode ser elaborado por métodos de geoprocessamento, como a Análise de Multicritérios por Pesos de Evidência (resulta em ranking hierárquico de potencial) ou por Análise Combinatória (resulta em classificação de potencial por combinação de

fatores) (ROCHA et al., 2018). Por orientação de Steinitz (2012), esse modelo deve ser apresentado com uma legenda indicativa de áreas aptas para receberem propostas em 3 níveis (três tons de verde), áreas não aptas e áreas onde já existe o recurso, sendo desnecessário colocar mais ideias.

Para o workshop, foram definidos dez sistemas de trabalho e foram elaborados dez modelos de avaliação, sendo essa informação a primeira a ser apresentada aos participantes na plataforma *web-based* de Geodesign, o GeodesignHub (BALLAL, 2015). Os modelos de Avaliação funcionam como mapas de base para cada sistema, de modo que o participante é incentivado a colocar suas propostas de transformação do território (na forma de políticas ou de projetos) seguindo a orientação das cores.

Durante o workshop, os participantes elaboram desenhos, na forma de diagramas, com propostas de políticas ou de projetos para transformação da área. É o quarto modelo, o de Mudança, que visa a responder à questão “como a área de estudo deve ser alterada?”. O quinto modelo, usado no workshop, mas que precisa ser preparado antecipadamente, é o de Impacto. Ele tem como objetivo avaliar “que diferenças as mudanças podem causar?”, em respostas numéricas de áreas e custos e em resposta qualitativa de indicação de conflitos da localização da ideia, com os mapas de avaliação.

Para que se calcule o impacto numérico de áreas, o coordenador estabelece um mínimo de hectares que espera receber em propostas para cada sistema, de modo que durante o workshop a plataforma calcule se o grupo de trabalho atingiu a meta esperada com as ideias escolhidas. Outro impacto numérico é o custo, pois o organizador deve informar o valor médio por hectare do custo para a realização de investimentos em cada sistema. São valores muito generalizados, sobretudo porque é um custo médio para qualquer ideia de um sistema, mas ajuda nas comparações dos grupos. Finalmente, há o cálculo do impacto espacial, que indica se o projeto proposto foi colocado em área indicada como apta para transformações.

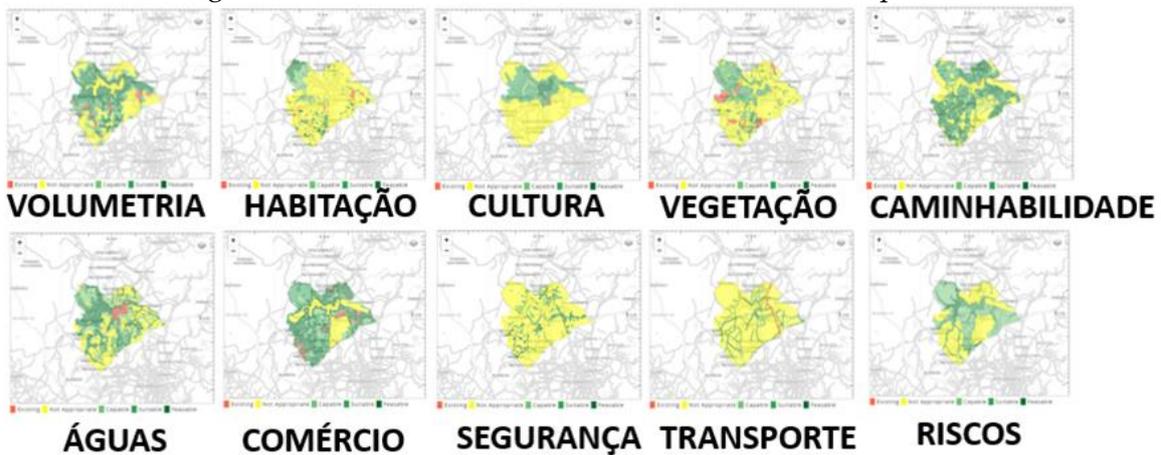
Por fim, o sexto modelo é o de Decisão, que visa a responder à questão “como a área de estudo deve ser alterada”. Ele é construído durante o workshop pelos participantes, motivados pelo mediador. Os participantes seguem uma dinâmica de escolher as ideias entre as desenhadas que julgam as mais adequadas para o grupo social que representam (no exemplo do workshop Pampulha, o desafio era a cidade pós-Covid, segundo interesses de moradores e segundo interesses de visitantes). O conjunto de ideias selecionadas compõem os “Designs”. Há um processo de comparação de Designs entre os grupos participantes, até que se chegue a uma única proposta final.

## **Workshop dia 1 - Elaboração de Ideias - 8 grupos**

Os participantes antes do primeiro dia de workshop propriamente dito já haviam se informado sobre “O que é Geodesign”, os desafios da “Cidade pós-Covid” e “Por que Pampulha?”, segundo suas características principais, suas vulnerabilidades e suas potencialidades. Ao iniciarem o trabalho divididos em 8 grupos (dois de cada

organização MG, BR, JF e RJ), receberam como tarefa analisar os 10 Modelos de Avaliação e, para atenderem às necessidades de cada um, deveriam desenhar ideias de políticas ou de projetos, na forma de diagramas de polígonos ou de elementos lineares (Fig. 03).

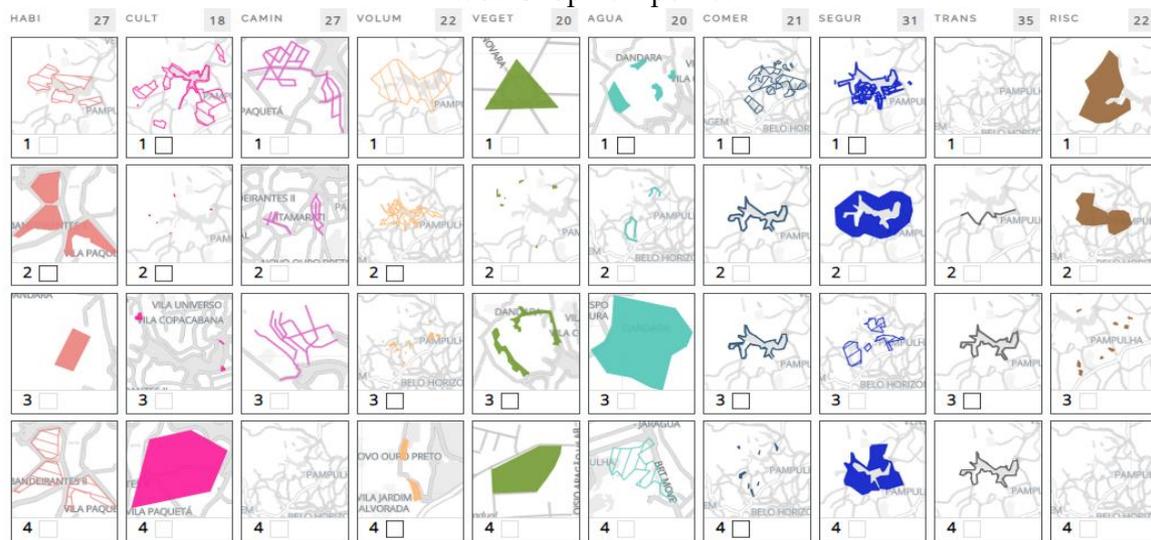
Figura 3. Sistemas de trabalho no estudo de caso Pampulha.



Fonte: Os autores.

Para realizarem as tarefas, eles assistiram a um vídeo sobre como usar a plataforma. Como eram muitos os participantes (73), limitou-se o número máximo de 3 ideias (diagramas) para cada sistema por grupo (8 grupos). Assim, cada um dos dez temas teria, no máximo, 24 propostas na primeira interação. No total de todos os sistemas, existiriam no máximo 240 ideias nessa primeira etapa. Isso evitaria a pulverização de ideias, incentivando os participantes a observarem os diagramas já elaborados (Fig. 04).

Figura 4. Exemplos de diagramas de ideias de projetos ou de políticas propostos no workshop Pampulha.



Fonte: Os autores.

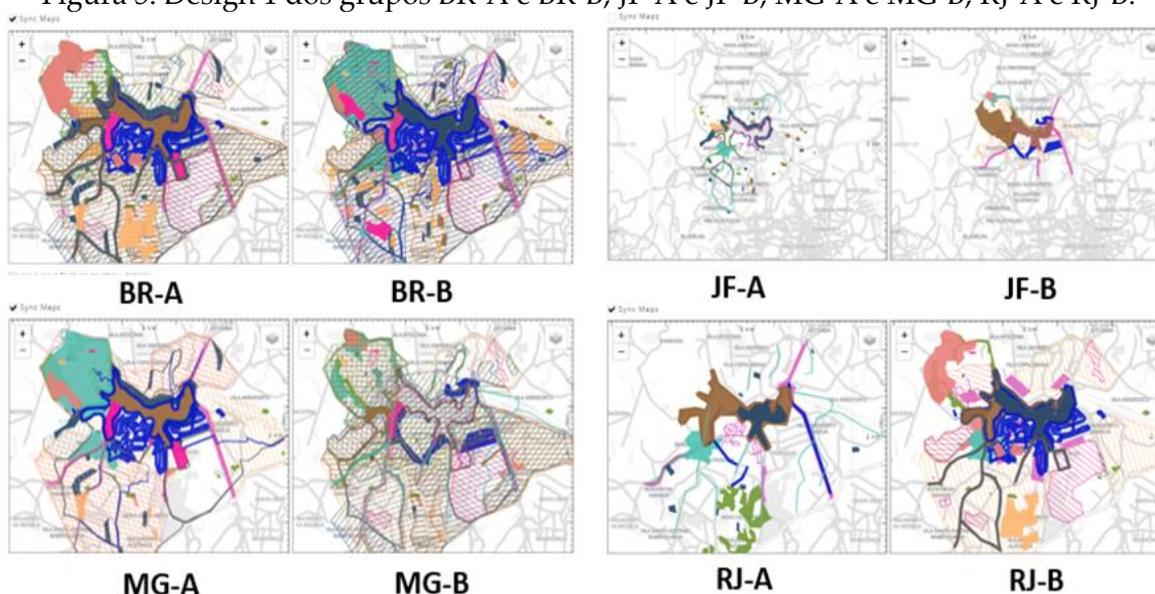
A partir das dinâmicas das atividades, ao final do workshop havia o seguinte número de diagramas por sistema: Cultura - 18, Vegetação - 20, Águas - 20, Comércio - 21, Volumetria - 22, Risco - 22, Habitação - 27, Caminhabilidade - 27, Segurança - 31 e Transporte - 35. Nota-se que os sistemas com maior número de diagramas representam temáticas de maior interesse aos participantes na elaboração de suas propostas.

## Workshop dia 2 - Proposição do Primeiro Design - 8 grupos

Uma vez elaboradas as ideias, no segundo dia os participantes, separados em 8 grupos, deveriam elaborar seus “Designs”, que são a soma das ideias dos sistemas, compondo um plano para a Pampulha. Foi solicitado que os grupos se organizassem para discutir sobre os objetivos gerais do plano, definindo diretrizes gerais estratégicas. Eles deveriam considerar as necessidades da área, os desafios da cidade pós-Covid e, sobretudo, escolher posicionamentos que favorecessem os interesses de moradores ou de visitantes da área. Discutidas as estratégias e expectativas, eles selecionaram os diagramas que consideraram adequados às diretrizes definidas.

Eles foram orientados a, caso não identificassem ideias que satisfizessem seus planos, desenhar, a qualquer momento, novos diagramas e selecioná-los. Assim, foram elaborados os 8 primeiros designs, 2 de cada organização. No caso do grupo BR, dividido em BR-A e BR-B, observa-se que, embora tenham trabalhado de modo separado, os planos apresentados são bastante semelhantes. Isso não se pode dizer dos grupos JF-A e JF-B, MG-A e MG-B, ou do RJ-A e RJ-B (Fig. 05).

Figura 5. Design 1 dos grupos BR-A e BR-B, JF-A e JF-B, MG-A e MG-B, RJ-A e RJ-B.



Fonte: Os autores

### Workshop dia 3 - Negociação do segundo design - 4 grupos

Segundo Steinitz (2012), o primeiro design nunca é o melhor, pois o participante ainda está aprendendo a lógica do processo. É indicado que se analise a primeira proposta e se elabore uma outra, ainda na mesma composição de grupos, visando à melhoria. Assim, os participantes, ainda separados em 8 grupos, receberam orientações para avaliarem as propostas dos demais grupos, a fim de compará-los com suas próprias propostas.

Os grupos foram orientados a calcular as metas praticadas em hectare por sistema e a calcular o impacto espacial que indica se colocaram as ideias nas posições consideradas as mais adequadas, segundo os Modelos de Avaliação. Também, foram orientados a analisar os designs dos demais grupos. A partir das análises, no início do segundo dia de workshop, construíram o design 2. Os grupos BR-A e BR-B, MG-A e MG-B, e RJ-A e RJ-B variaram pouco na segunda proposta em comparação à primeira. Entretanto, os grupos JF-A e JF-B apresentaram designs bem melhores, no sentido de atenderem a mais sistemas e de ampliarem a área de atuação na regional (Fig. 06).

Figura 6. Design 2 dos grupos JF-A e JF-B.

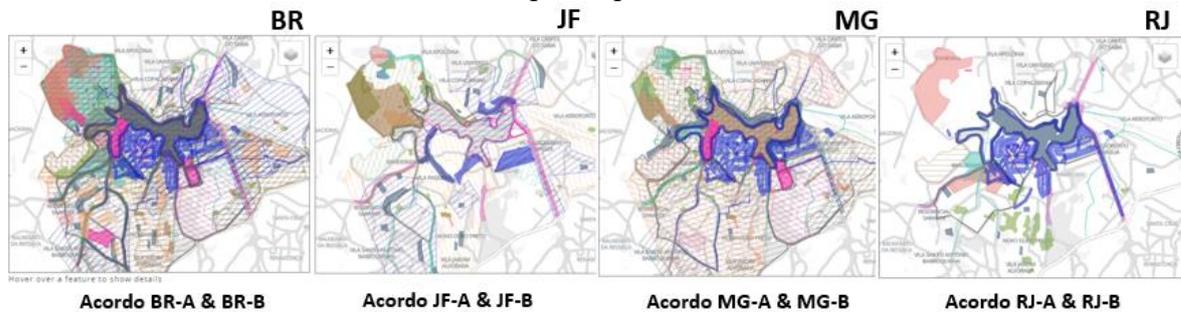


Fonte: Os autores.

Os grupos foram então reduzidos de 8 para 4, para a realização do processo de negociação e de elaboração do terceiro design, que seriam as propostas de BR, JF, MG e RJ. O primeiro passo seria comparar os designs, para que A e B decidissem pelo design 3 do grupo. Na plataforma, há o recurso de colocar as propostas lado a lado, aplicando a análise de frequência, que, no caso de dois Designs, verifica quais diagramas tiveram frequência 2 (foram escolhidos tanto pelo grupo A como pelo grupo B), frequência 1 (foram escolhidos por apenas um dos grupos) ou frequência zero (não foram escolhidos). Isso ajuda na composição da nova proposta, pois são selecionadas as ideias coincidentes e os participantes precisam, então, discutir e negociar as ideias que tiveram frequência 1, pois as de frequência zero nem são consideradas. Durante as discussões, existiam três

possibilidades: a de aceitar o diagrama proposto por apenas um grupo; a de não aceitar e discutir os motivos para tal decisão; ou mesmo a de aceitar mediante ajustes. Nesse caso, era desenhado e selecionado um novo diagrama na plataforma (Fig. 07).

Figura 7. Acordos entre grupos - de 8 para 4 grupos, construção do terceiro design no workshop Pampulha.

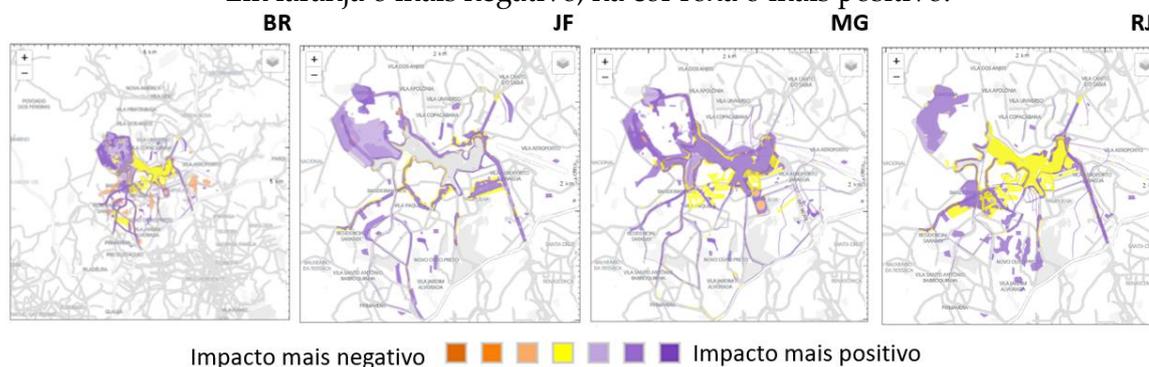


Fonte: Os autores

Os participantes foram estimulados a analisar suas performances, avaliando se haviam atingido as metas e se haviam provocado conflitos espaciais. O que se observa é que o grupo BR foi o que melhor cumpriu as metas, tendo se preocupado com todos os dez sistemas. O grupo JF deixou de cumprir metas nos temas habitação, cultura, volumetria e águas. O grupo MG deixou de cumprir metas de habitação, comércio e volumetria. O grupo RJ deixou de cumprir metas de cultura, volumetria, riscos, habitação e vegetação. Os temas de maior interesse, cujas metas todos os grupos cumpriram, foram segurança e riscos, seguidos de transporte e de caminhabilidade.

No cálculo dos impactos espaciais, que seria a assertividade nas escolhas das localizações das ideias em relação aos mapas de avaliação, observa-se que o grupo BR foi o que mais causou impacto, seguido do grupo MG. Já os grupos JF e RJ optaram por não causarem impactos. No grupo BR, estavam pessoas do país que também não conheciam Pampulha, mas, no mesmo grupo, estavam profissionais do mercado de trabalho de Belo Horizonte que conheciam muito bem a área e foram muito ouvidos nas discussões. Esses participantes não se limitaram às indicações dos mapas de avaliação, mas seguiram seus conhecimentos especialistas. Cabe destacar que os alertas de impacto negativo (em roxo) não devem ser entendidos como “errado”, e sim como “não de acordo com as expectativas previamente colocadas” (Fig. 08).

Figura 8. Impactos espaciais resultantes das propostas dos 4 grupos no workshop Pampulha. Em laranja o mais negativo, na cor roxa o mais positivo.



Fonte: Os autores

### Workshop dia 4 - Composição final - 1 grupo

Em situações de desenvolvimento normal do workshop, em que os participantes atuam no mesmo horário de trabalho, essa última etapa seria baseada em negociação geral e final dos grupos. O processo poderia acontecer de duas formas: a) composição de dois grupos para negociação do Design 4, seguido de negociação final comparativa dos Designs 4 para se chegar ao Design 5; b) ou comparação direta dos quatro Designs 3, para se chegar no Design 4 que seria o final. Na possibilidade “a”, seria necessário identificar os grupos cujas propostas foram mais parecidas, para eles serem somados, pois segundo Steinitz (2012) a partir do trabalho de Moreno (1934) sobre o “sociograma”, as negociações são mais fáceis quando se colocam grupos que pensam de maneira análoga. Tanto na possibilidade “a”, quanto na possibilidade “b”, seriam usados cálculos de frequência para facilitar a negociação.

Em um processo de negociação direta das quatro propostas, haveria a separação dos diagramas já automaticamente aprovados (de frequência 4, mas se pode aceitar também frequência 3, por terem sido indicados pela maioria). Na sequência, os diagramas com frequência 2 seriam colocados em discussão e se daria a palavra para defesa da ideia ao grupo que o desenhou, seguido de votação pelos demais grupos. Nessa votação, poderiam existir os resultados: aprovado, aprovado com ajustes (e seriam desenhados os ajustes em novo diagrama) ou reprovado. Por último, se dá a chance de defesa dos diagramas de frequência 1, cujo grupo criador julgue estrategicamente importante.

Como os grupos estavam trabalhando em dias e horários diferentes da semana, em função das atividades de ensino das disciplinas, não foi possível promover uma única reunião geral de negociação. Diante da limitação, se realizou a elaboração do Design final mediante análise de frequência e seleção dos diagramas de frequência 3 e 4. Assim, a síntese final não resultou em participação, mas sim em mecanismo de mensuração de predomínio de indicações (Fig. 09).



satisfação em ter conhecido o método e em ter participado da experiência que reuniu pessoas de diferentes partes do país.

Sobre os aspectos negativos, alguns participantes registraram sobre o risco de a participação ser muito conduzida pela ferramenta, pois, em alguns momentos, estiveram mais atentos à ferramenta do que ao processo em si. Alguns reclamaram que o processo reduz a ação política das negociações, tornando as decisões produto de passos previamente estipulados.

Sobre a possibilidade de realizarem comentários livres adicionais, 11% dos participantes manifestaram que gostariam aprofundar mais o estudo sobre o Geodesign, 7% registraram sugestões para o processo, 20% manifestaram que acharam complexo e talvez não fosse fácil levar para um público maior, 29% informaram que não tinham o que acrescentar aos comentários já feitos e 33% registraram manifestações muito positivas sobre a experiência.

Os coordenadores reconhecem que poderia ter havido incentivo maior para que os grupos trabalhassem com todos os sistemas e cumprissem as metas esperadas, ou para que, pelo menos, não deixassem de pensar ideias para alguns deles. Foi gravado material relativo à caracterização da Pampulha em suas potencialidades e vulnerabilidades, foram apresentados mapas temáticos sobre a área, mas seria importante explicar melhor o motivo de cada sistema ser importante, e que um plano precisa contemplar diferentes abordagens de uma área. A ideia seria promover debates ou favorecer investigações sobre os sistemas escolhidos para o workshop.

Foi possível observar que os Designs dos alunos externos a Belo Horizonte, elaborados pelos grupos JF e RJ, se concentraram na orla UNESCO da Pampulha, espaço conhecido nacionalmente através de imagens que são tidas como o *genius loci* da capital mineira. Então, mesmo não conhecendo, com o suporte dos mapas de avaliação, eles conseguiram elaborar propostas com ênfase no tema da visitação, limitadas a uma porção da regional.

Os temas de segurança e de risco predominaram, sobretudo, entre aqueles não moradores da área, que têm a expectativa de atuarem como visitantes do Patrimônio da Humanidade com condições de serem bem recebidos. O mapa de avaliação de segurança considerou concentração de ocorrências de roubos e assaltos, fragilidades na iluminação, área de influência de bancos e de pontos de ônibus, esses últimos por terem sido indicados na mídia social (Mapeamento Voluntariado “Onde fui roubado”) como pontos notáveis para os assaltos. O mapa de avaliação de riscos considerou riscos de enchente, febre maculosa, dengue e fragilidades sanitárias por falta de rede de esgoto e necessidade de requalificação das águas da lagoa. A questão do transporte também foi muito discutida, haja vista a limitação do recurso não só para quem mora, mas, sobretudo, para quem visita, pois não há infraestrutura de apoio ao turismo ou ao lazer no quesito mobilidade.

É necessário reconhecer que uma negociação final com todos resultaria em Design de melhor qualidade, não se limitando às escolhas das ideias de maior frequência, as escolhidas pela maioria. A discussão poderia favorecer, por exemplo, que o grupo que

apresentou um design mais completo, contemplando mais sistemas, pudesse explicar aos demais os motivos de suas ideias, colocando-as em votação. Nesse sentido, a explanação motivaria os participantes a fazerem novas propostas e ampliaria a discussão para aquelas ideias que não foram imediatamente consensuais, mas que poderiam se tornar. Os coordenadores reconhecem essa limitação, imposta pelo modo de trabalho, mas o ganho em se fazer o experimento ainda assim foi alto, o que justifica e reduz a limitação da última etapa.

## **Conclusões**

No estudo de caso em questão, foi seguido o framework de Geodesign proposto por Steinitz (2012) baseado nos seis modelos. Os professores condutores optaram por seguir o método do modo como foi proposto pelo autor, em função do caráter didático da atividade e da necessidade de alunos e participantes conhecerem a proposta original do Geodesign.

Assim, fez parte dos preparativos pré-workshop a elaboração de modelos de Avaliação (mapas sínteses indicativos de onde colocar propostas) e de modelos de Impacto (que definem que, se o participante desenhar ideias onde não foi considerado o lugar ótimo, ela será considerada um impacto). Com isso, uma parte significativa do processo de entendimento do estudo de caso não é seguido pelos participantes. Procurou-se mitigar essa limitação através do vídeo explicativo “Por que Pampulha?”, no qual são mostrados os mapas parciais que levaram à criação dos mapas-síntese do modelo de Avaliação, buscando atenuar as críticas às limitações resultantes desse modelo, que já apresentam um pré-julgamento sobre potencialidades e vulnerabilidades (Moura e Freitas, 2020) e que podem induzir os participantes a atuar em locais pré-definidos. Contudo, essa é uma limitação que precisa ser sanada ao seguir o método tradicional, para que o participante possa atuar de modo mais crítico.

Seria fundamental ampliar os encontros de nivelamento antes do workshop, promovendo palestras temáticas sobre as questões principais que seriam trazidas como sistemas no workshop, para as quais os participantes construíram propostas. Esses encontros poderiam acontecer também durante o workshop, quando fosse percebida uma limitação de compreensão sobre algum tema ou, principalmente, quando se observasse a negligência de um sistema que deveria receber propostas. Essa seria a condição ideal, mas o tempo limitado das disciplinas talvez não a permitisse. Teria sido fundamental e muito rico promover encontros síncronos de todos os grupos participantes, sobretudo na negociação final. A falta desse grande encontro se justificou pelos horários e dias da semana diferenciados entre os grupos participantes.

Cabem discussões sobre como o professor deve conduzir o processo, pois há dois posicionamentos importantes: sua responsabilidade como instrutor de um tema, e o seu exemplo sobre como conduzir um workshop de Geodesign. Como instrutor, ele pode e deve incluir informações estratégicas em muitos momentos, trabalhar junto aos

participantes, destacar comportamentos e valores observados para que eles aprendam a fazer as mesmas observações quando estiverem conduzindo uma experiência.

Como espelho de como deve ser o mediador de um workshop, ele será observado pelos alunos, devendo favorecer que as tarefas aconteçam, sem, contudo, interferir no processo, sob o risco de alterar possíveis resultados. Seria uma discussão interessante explicar sobre as correntes e sobre os valores no planejamento urbano, para que os alunos entendessem os valores contemporâneos. O que se observa hoje no ensino de planejamento é o predomínio do Planejamento Racional-Compreensivo, empenhando a maioria do tempo na construção de análises e evoluindo muito pouco nas etapas propositivas, e o Planejamento Advocatício, que instrumentaliza os alunos a atuarem em nome de grupos sociais, partindo do pressuposto de suas incapacidades de se representarem.

Resultados desses pensamentos do Planejamento Advocatício foram observados nas reações dos alunos, quando responderam ao questionário, já afirmando antecipadamente que nem todos os setores da sociedade seriam capazes de participar de um Geodesign. Mas experiências têm sido conduzidas em muitos países, inclusive no Brasil (a exemplo em ocupações urbanas e com indígenas, MONTEIRO et al. 2018; MOURA et al. 2020; MAGALHÃES e MOURA, 2020) com diferentes grupos sociais, ampliando mecanismos de geovisualização e processos específicos que favorecem a participação. Então, antes de afirmar que não vai dar certo, e que esses grupos precisam continuar a ser representados, cabe investir em ampliação e melhoria do método.

O impacto do pensamento de Planejamento Racional-Compreensivo é visível quando se observa que os participantes se sentem muito à vontade na etapa de análise e de problematização, mas não se sentem tão à vontade na etapa propositiva. É necessário explicar ao participante que, como cidadão, ele sempre terá algo a dizer, alguma ideia para colocar, sendo morador ou visitante. Então, é necessário trabalhar com os alunos, o que significa ser decodificador da vontade coletiva e ser mais propositivo.

Destaca-se, como ponto fundamental da experiência, a colaboração entre instituições públicas e privadas de diferentes estados. Estarmos juntos em um momento de pandemia foi uma troca fundamental, que nos fez sentir mais integrados à sociedade e menos sozinhos. Laços foram criados e redes de continuidade da colaboração em ensino e em conhecimento puderam ser estabelecidas, cumprindo a função social da universidade pública.

Finalmente, a adesão dos participantes e o modo comprometido como cumpriram todas as atividades é um indicativo de que eles entraram no fluxo da proposta e realmente atuaram de modo imersivo. Os participantes estavam muito estimulados pelo fato de outros grupos estarem trabalhando em paralelo, ainda que eles nunca tenham se conhecido de fato. Isso retrata um valor contemporâneo presente na mídia social, uma forma de comunicação que se ampliou muito no período de isolamento social da pandemia: o indivíduo sabe que os outros estão ali, acompanha a movimentação dos

outros e faz as suas próprias manifestações, de modo que o pensamento de um interfere no pensamento do outro, e o resultado se reflete na sociedade.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo suporte através do projeto 401066/2016-9 e à FAPEMIG através do projeto PPM-00368-18.

## Referências

- BALLAL, Hrishikesh. **Collaborative planning with digital design synthesis**. 2-15. Tese (Doctor of Philosophy) - Faculty of the Built Environment, University College London, Londres, 2015.
- CAMPAGNA, Michele; STEINITZ, Carl; DI CESARE, Elisabetta Anna; COCCO, Chiara; BALLAL, Hrishikesh; CANFIELD, Tess. **Collaboration in planning: The Geodesign approach**. *Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna*, v. 35, p. 55–72, 2016.
- DANGERMOND, Jack. GIS: Designing our future. *ArcNews*, Summer, 2009.
- ERVIN, Stephen. A system for Geodesign. **Keynote, Harvard University**: 27 May 2011. Abstract. pp. 158-167, 2011.
- FISHER, Thomas. An education in Geodesign. **Landscape and Urban Planning**, v.156, p. 20–22, 2016.
- FISHER, Thomas; ORLAND, Brian; STEINITZ, Carl. The International Geodesign Collaboration: changing geography by design. **ESRI Press**, p. 186, 2020.
- KHAKEE, Abdul. Evaluation and planning: Inseparable concepts. **Town Planning Review**, v. 69, n. 4, p. 359-374, 1998.
- MAGALHÃES, Danilo Marques; MOURA, Ana Clara Mourão . Aerial Images and Three-Dimensional Models Generated by RPA to Support Geovisualization in Geodesign Workshops. **Lecture Notes in Computer Science**. 1ed.: Springer International Publishing, v. 12252, p. 296-309, 2020.
- McHARG, Ian. Design with nature. **Garden City**, New York, p. 239, 1969.
- MILLER, William R. Introducing Geodesign: the concept. **Esri Press**, Redlands, 35 p, 2012. Disponível em: <https://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/introducing-geodesign.pdf> . Acesso em: 11 abr. 2020.
- MONTEIRO, Livia de Oliveira; MOURA, Ana Clara M.; ZYNGIER, Camila M.; SENA, Ítalo Sousa; PAULA, Priscila Lisboa. Geodesign Facing the Urgency of Reducing Poverty: The Cases of Belo Horizonte. **DisegnareCon**, v.11, n.20, p. 6.1-6.25, 2018.
- MORENO, Jacob L. Who Shall Survive?: foundations of sociometry, group psychotherapy, and sociodrama. Washington, D.C., **Nervous and Mental Disease Publishing Co.**, 1934.
- MOURA, Ana Clara Mourão. O Geodesign como processo de cocriação de acordos coletivos para a paisagem territorial e urbana. In: LADWIG, Nilzo Ivo; CAMPOS,

Juliano Bitencourt (org.). Planejamento e gestão territorial: o papel e os instrumentos do Planejamento Territorial na Interface entre o Urbano e o Rural. Criciúma - SC: UNESC, 2019.

MOURA, Ana Clara Mourão; FREITAS, Christian Rezende. Brazilian Geodesign Platform: WebGis & SDI & Geodesign as Co-creation and Geo-Collaboration. **Lecture Notes in Computer Science**. 1ed.: Springer International Publishing, v. 12252, p. 332-348, 2020.

MOURA, Ana Clara Mourão; OLIVEIRA, Francisco Henrique; FURLANETTI, Thobias; PANCELI, Regina; OLIVEIRA, Elna Fatima Pires; STEINITZ, Carl. Geodesign as Co-creation of Ideas to Face Challenges in Indigenous Land in the South of Brazil: Case Study Ibirama La Klano. **Lecture Notes in Computer Science**. 1ed.: Springer International Publishing, v. 12252, p. 279-295, 2020.

MULLER, Brian; FLOHR, Travis. A Geodesign approach to environmental design education: Framing the pedagogy, evaluating the results. **Landscape and Urban Planning**, v.156, p.101– 117, 2016.

RIBEIRO, Ana Clara Torres. O Ensino do Planejamento Urbano e Regional, propostas à Anpur. **Estudos Urbanos e Regionais**, v.4, n.1/2, 2002.

ROCHA, Nicole Andrade; MOURA, Ana Clara M.; CASAGRANDE, Pedro. Análise Combinatória e Pesos de Evidência na produção de Análise de Multicritérios em modelos de avaliação. **GeoSIG. Revista Geografía y Sistemas de Información Geográfica**. Luján, Año 10, Número especial, Sección I: Artículos. pp. 49-74, 2018.

STEINITZ C. A Framework for Geodesign: Changing Geography by Design. 1. ed. Redlands, CA: **ESRI Press**, 2012.

### **Precisão para quem precisa - Modelagem da informação aplicada à paisagem como um recurso de apoio ao Geodesign**

Joana Guedes  
Newton Moura  
Emiliano Cavalcante  
Morganna Oliveira  
João Barreto  
Vitor Sampaio  
Daniel Cardoso

#### **Introdução**

A grande vantagem do Geodesign sobre outros métodos de planejamento é a possibilidade de colaboração analítica e propositiva entre os diversos atores envolvidos, em que cada participante procura contribuir com o seu melhor. Aqui, ainda que tenha sido uma pesquisa coletiva, houve uma predominância de expertise no urbanismo e no planejamento da paisagem. Para essas searas, observamos que a falta de precisão nos fez errar grandiosamente, ao propormos um incremento exagerado de áreas verdes para a Região Metropolitana de Fortaleza. No workshop global *“Trees for Metropolitan Regions”*, promovido pela *International Geodesign Collaboration* (IGC), ultrapassamos a meta de incremento de Crédito de Carbono (CC) em 3,19% no cenário tradicional, 14,29% no cenário de transformação tardia e 57,71% no cenário de transformação antecipada. Esses excessos, mesmo que para fins de preservação, expansão ou criação do verde, são insustentáveis.

Afinal, de quanto verde precisamos? Como planejadores da paisagem podem errar menos para realizar propostas a partir de objetivos pré-estabelecidos? O processo descrito a seguir prospecta a modelagem da informação aplicada à paisagem como recurso para aumentar a precisão na etapa do Geodesign de desenho de áreas verdes. Contextualizando essa estratégia de abordagem no cenário atual de desafios, acentuados nas cidades em países em desenvolvimento, vislumbra-se como a modelagem e o design da informação podem apoiar as tomadas de decisão. Aqui, servimos aos que olham para a paisagem físico-ambiental, mas há amplas possibilidades de aplicação para outros olhares de Geodesigners que querem contribuir com o seu melhor.

## Desafios para o planejamento resiliente

Atualmente, as cidades abrigam mais da metade da população mundial (MENDONÇA; MEDEIROS LEITÃO, 2009). A concentração populacional nos centros urbanos, associada às grandes complexidades socioeconômicas e de fornecimento de infraestrutura e serviços, faz com que as cidades sejam particularmente vulneráveis às mudanças climáticas (GENELETTI; ZARDO, 2016). Isso é ainda mais preocupante quando se verifica a dificuldade, especialmente em países em desenvolvimento, de suprir serviços básicos para seus habitantes (NOVOTNY; AHERN; BROWN, 2010; WALKER; SALT, 2006). No Brasil, o crescimento urbano desordenado e a desigualdade no acesso à terra urbana fazem com que a população mais pobre, muitas vezes não incorporada nas políticas públicas de habitação, esteja mais vulnerável a riscos, por necessitarem construir suas casas em áreas com maior fragilidade ambiental (MENDONÇA; MEDEIROS LEITÃO, 2009). Segundo Woroniecki, Wamsler e Boyd (2019), essa vulnerabilidade maior aos impactos das mudanças climáticas é distribuída de forma desigual, uma vez que suas causas são fortemente influenciadas por estruturas de poder existentes. Dessa forma, a adaptação da paisagem urbana para um desenvolvimento que o torne “seguro para falhar” é crucial para a redução das disparidades sociais (AHERN, 2011). A abordagem resiliente aparece como uma alternativa promissora, visto que também requer o desenvolvimento de uma estrutura de integração social que envolva a população no planejamento e nos processos decisórios (WORONIECKI; WAMSLER; BOYD, 2019).

Walker e Salt (2006) definem resiliência como a “capacidade de um sistema de absorver perturbações e ainda reter suas funções e estruturas básicas”. Segundo eles, uma das razões para o desenvolvimento insustentável é a falta de compreensão das dinâmicas ambientais, que reside não apenas na quantidade de informação disponível, mas também na interpretação que damos a elas. O paradigma adotado até o momento, de otimização dos sistemas, não funciona, pois este tem como objetivo atingir e manter um estado “ideal” especificado, algo considerado pelos autores como impossível de ser atingido (por ecossistemas, sistemas sociais ou até mesmo pelo mundo). No pensamento resiliente, há a compreensão e a aceitação de que os sistemas são complexos e sujeitos a ciclos de mudança. Assim, o planejamento resiliente requer uma abordagem mais estratégica, baseada na identificação de processos e de eventos que ocorrem em um meio urbano específico, de suas forças motivadoras e de suas frequências, integrando essas informações com as múltiplas escalas conectadas para constituir estratégias adaptativas (AHERN, 2011).

A atual era da ciência, tecnologia e informação (CTI) (FUKUDA, 2020) tem modificado as formas de avaliação e de ação na paisagem que, assim como outras infraestruturas, vem sendo investigada por meio de modelos computacionais. Isso permite uma abordagem quantificável e tecnológica (CANTRELL; HOLZMAN, 2015), entrelaçando imagens e dados (EASTMAN et al., 2008), desenvolvendo uma perspectiva transdisciplinar mais ampla e inclusiva capaz de se comunicar melhor com

os múltiplos envolvidos. Com isso, os profissionais da paisagem não trabalham mais sozinhos – eles estão mais orientados a escutar as demandas por diversidade e justiça. O trabalho ambiental, agora coletivo, promove a coesão social, contribui para a resolução de conflitos, torna a sociedade menos vulnerável e mais adaptada aos riscos de mudanças climáticas (RICHERZHAGEN et al., 2019).

O método do Geodesign (STEINITZ, 2012) é continuamente beneficiado pelas tecnologias digitais para encorajar a inclusão e participação em práticas relativas à paisagem. Ele é um método de planejamento interdisciplinar que usa pensamento sistêmico, tecnologias geoespaciais e participação popular, para dar atenção a problemas ambientais, sociais e governamentais por todo o processo de planejamento (DAVIS et al., 2020). Geodesign é a abordagem metodológica na qual esta pesquisa foi inicialmente baseada para a aplicação de modelagem da informação no planejamento da paisagem. As bases teóricas e práticas utilizadas foram originadas a partir de um workshop global intitulado “Árvores para Regiões Metropolitanas” (*Trees for Metropolitan Regions*), apoiado pelo *International Geodesign Collaboration (IGC)*. Esse workshop tinha como objetivo a identificação das áreas mais adequadas para o plantio de um trilhão de árvores em regiões metropolitanas, de modo a aumentar a geração de Crédito de Carbono (CC) em 30% até 2050, através do incremento de áreas verdes nas regiões participantes. A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) foi utilizada como estudo de caso no desenvolvimento de um passo-a-passo para a aplicação de modelagem da informação, possibilitando melhoria de *feedback* entre análise da paisagem (entrada de dados) e desenho (saída de dados). A partir dos resultados encontrados no Workshop, buscamos agora adicionar uma nova camada de informação para compreender as múltiplas dinâmicas existentes dentro de uma mesma área, verificando a aplicabilidade de modelagem da informação para o planejamento de resiliência urbana.

### **Urbanização para preservação: Infraestrutura Verde e Soluções Baseadas na Natureza para uma expansão sustentável**

Serviços ecossistêmicos abrangem um amplo leque de funções abióticas, bióticas e culturais (ABC), proporcionando benefícios diretos ao homem e à economia, tecnicamente mensuráveis, classificados como de fornecimento, de controle ou de cultura (WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2005). Aqui, Crédito de Carbono (CC) e redução de riscos relacionados à água são os serviços ecossistêmicos abordados nas escalas global e metropolitana.

A partir dos serviços ecossistêmicos, novas abordagens surgiram para lidar com inúmeros desafios ambientais, econômicos e sociais, especialmente em grandes cidades ainda em expansão. Este trabalho foca em infraestruturas verde (IV) e em soluções baseadas na natureza (SbN) como premissas de procedimentos para a exploração de LIM (Modelagem da Informação da Paisagem) e, respectivamente, como técnicas e suportes físicos para a melhoria de serviços ecossistêmicos. Para IV,

esse suporte consiste em uma rede verde interconectada, que oferece soluções imediatas e de longo prazo (BADIU et al., 2019; CAMERON et al., 2012; NIȚĂ et al., 2018; RIEKE HANSEN et al., 2017). Na paisagem urbana, essa rede é um sistema de *hubs* (florestas urbanas e parques), de estruturas lineares (vias arborizadas e corpos hídricos) e de corredores privados (jardins internos, tetos verdes) (NIȚĂ et al., 2018).

Intrinsecamente misturada às IV, as SBN são soluções vivas inspiradas pela natureza, que a utilizam e/ou são apoiadas nela. Portanto, representam uma alternativa válida para o desenvolvimento de infraestrutura em novas urbanizações e para a atualização de infraestruturas em cidades que estão considerando maneiras de repensar a sua durabilidade e seus custos de manutenção (FRANTZESKAKI, 2019).

Ainda que a maioria das pessoas do mundo já viva em cidades, a expectativa é de que a população urbana continue crescendo (UNITED NATIONS, 2015). Inerentemente às mudanças climáticas, há a ocorrência mais frequente de enchentes, de estresse térmico, de escassez hídrica e de poluição atmosférica (FIELD et al., 2012). Alves et al. (2019) afirmam que esses problemas ambientais agravam as dificuldades sociais e econômicas, intensificando os eventos extremos em grandes cidades de países em desenvolvimento, como no estudo de caso de Fortaleza e sua Região Metropolitana. Mesmo com diferentes intensidades, a melhora de habitabilidade, na sustentabilidade e na resiliência em cidades é uma tarefa global, embora tratada em escala local (bairro, região, país) (BADIU et al., 2019). Frente a essas múltiplas ameaças, IV e SBN são novas abordagens que podem reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência e justiça ambiental (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2012), uma vez que a prática por eles adotada promove uma expansão urbana que inclui uma vegetação multifuncional. Urbanização, portanto, quando baseada nessas abordagens mais sustentáveis, não figura como uma adversária para a conservação, mas como uma aliada ao crescimento populacional urbano com criação, expansão e manutenção de áreas verdes e de seus possíveis serviços ecossistêmicos.

### **Estratégias de planejamento para a resiliência urbana e o Geodesign**

Embora o planejamento seja conceitualmente uma atividade proativa, Novotny, Ahern e Brown (2010) só o consideram estratégico quando ele tenta compreender e gerenciar as causas das mudanças, em vez de encontrar uma forma de reagir aos impactos causados por elas. Essa nova interpretação de planejamento urbano é alinhada com o pensamento resiliente, trazendo consigo uma revisão profunda do conceito de sustentabilidade. A fim de atingir o desenvolvimento urbano resiliente, os autores destacam cinco estratégias que servem para abordar a incerteza intrínseca das cidades, caracterizadas conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Estratégias para o Planejamento Urbano Resiliente

ESTRATÉGIA	ATRIBUTOS/CARACTERÍSTICAS	EXEMPLOS
Praticar multifuncionalidade	Espacialmente eficiente; Economicamente eficiente; Estimula o apoio sociopolítico	Green Streets (Portland, Oregon); Proposta para travessia de pedestres e vida selvagem (Walden Pond, Massachusetts).
Praticar redundância e modularização	Dissolve riscos; Reforça a funcionalidade; Metassistêmico; Descentralizados, adaptável; Consegue “conter” perturbações; Flexível, adaptável; Segregado espacialmente.	Landseberger Tor Community (Berlin)
Promover (bio)diversidade e heterogeneidade	Respostas diferentes a perturbações, estresses e oportunidades; Biblioteca biológica de memória/conhecimento; Existência de funções complementares.	Green Alleys (Chicago)
Desenvolver e restaurar redes e conectividade.	Metassistêmico; Interconectado e redundante; Dissolve riscos; Desenhado para estimular fluxos e funções.	Cinturão azul (Staten Island, New York City)
Construir a capacidade adaptativa	Ações como oportunidades para experimentação e inovação; “Aprender fazendo”; “Seguro para falhar”.	SEA Street (Seattle)

Fonte: NOVOTNY; AHERN; BROWN, 2010.

As estratégias apresentadas servem para promover o pensamento crítico e para compreender o espaço como algo complexo e multidimensional. Sob essa perspectiva, elas fazem com que o pensamento resiliente possa ser beneficiado pela metodologia do Geodesign, um método de cocriação de análise (Geo) e projeto (Design), por meio de uma série de estudos de transformação da paisagem. O Geodesign oferece múltiplos cenários para a negociação colaborativa e para a definição da melhor alternativa prevista por meio de um design adaptativo prematuro, com celeridade de resposta para desafios urgentes da humanidade, tais como o desenvolvimento, a manutenção e a proteção do meio ambiente, especialmente no contexto urbano (CASAGRANDE, 2018). O propósito dessa metodologia é apoiar a cooperação na construção de ideias, buscando objetivos específicos e levando em consideração a diversidade de perspectivas e de valores dos diversos envolvidos. Em um mundo de população urbana crescente (UNITED NATIONS, 2015), o Geodesign é uma forma de negociar as demandas (sociais e ambientais) e as prioridades de cada local com objetivos específicos de planejamento e design. A precisão dessas negociações é atingida não apenas por meio dos dados corretos, mas também por meio do melhor

retorno entre as entradas (Geo) e saídas (Design). Por consequência, a modelagem da informação da paisagem (LIM) mostra-se como uma ferramenta promissora para o aumento do *feedback*, auxiliando na visualização e na projeção dos impactos do planejamento e, assim, no desenvolvimento da resiliência urbana.

### **Benefícios compartilhados entre Modelagem da Informação da Paisagem (LIM) e o Geodesign**

A modelagem da informação tem como vantagem englobar dois componentes essenciais em uma única fonte dados: (i) a reprodução gráfica de uma geometria (modelo), a partir da qual podemos extrair os desenhos técnicos 2D; (ii) uma base de dados integrada, que comporta todas as informações, todas as propriedades, todos os relacionamentos e todas as apresentações (EASTMAN et al., 2008).

Os processos dinâmicos da modelagem da informação incorporados ao design permitem a visualização de várias possibilidades diferentes antes de montar o melhor resultado. Essa dinâmica surge da modelagem paramétrica, baseada no princípio de que cada modelo é construído com entidades cujos atributos podem ser fixos ou variáveis. Atributos fixos são controlados, correspondendo à forma, aos materiais, à performance e aos custos (EASTMAN et al., 2008). Atributos variáveis ou parâmetros são as regras que definem o comportamento geométrico (linhas, superfícies, volumes e suas associações) e o não-geométrico (materiais, quantitativo, performance, etc.) dos fixos, permitindo que os objetos sejam automaticamente ajustados de acordo com o controle e com o contexto de mudança.

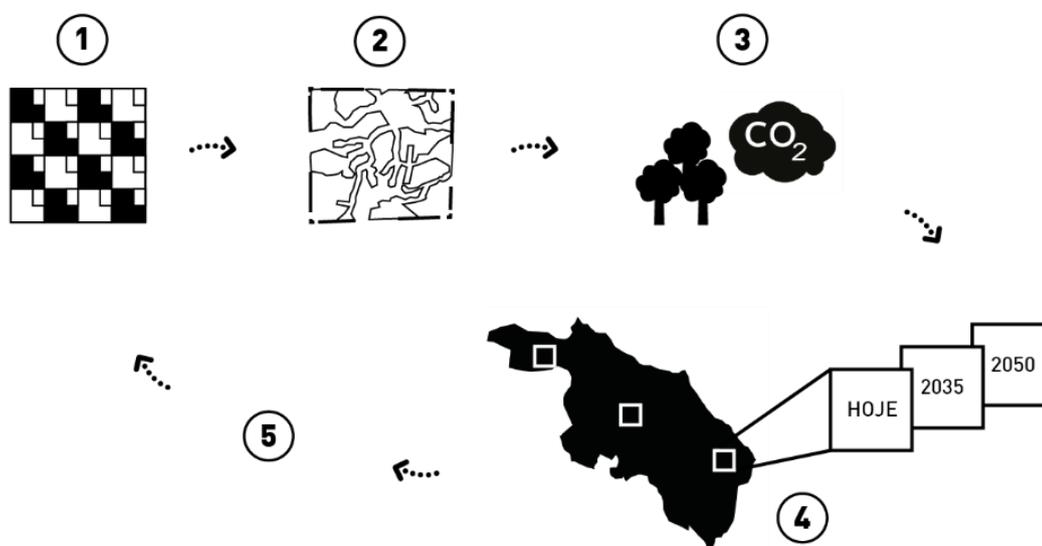
Diante de uma perspectiva e estratégia LIM, considerando a essência instável da paisagem e a necessidade do desenvolvimento de alternativas, a modelagem paramétrica é uma ferramenta promissora não apenas para incorporar dinamismo aos processos de planejamento da paisagem e do design, mas também para alcançar modelos dinâmicos nos quais a interação entre paisagem, sociedade e meio-ambiente possam ser representadas de forma mais fidedigna, por meio de funções e de algoritmos. Uma vez que compartilha com Geodesign os benefícios da integração e dinamismo – elementos também presentes no pensamento resiliente –, a modelagem paramétrica torna-se a categoria LIM, utilizada nesta pesquisa para a definição de implementação de multifuncionalidades dentro do planejamento da paisagem.

### **Workshop Geodesign: um processo de experimentação**

Inicialmente, o estudo foi desenvolvido no contexto do Workshop Geodesign, apoiado pelo IGC e promovido pelo Laboratório de Geoprocessamento da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em parceria com a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Ceará (UFC), no ano de 2021. As orientações gerais do IGC para o workshop seguiram a metodologia proposta por Steinitz (STEINITZ, 2012), baseada em três passos fundamentais

chamados “iterações”. A primeira iteração justifica a escolha da área de estudo e o “porquê” de sua relevância: um estudo completo é feito através de modelos que descrevem a área e embasam a construção de propostas para futuros alternativos. A segunda iteração consiste em uma revisão metodológica para identificar possíveis ajustes. A terceira e última iteração busca responder “o quê, onde e quando” o estudo será realizado.

Figura 1. Diagrama metodológico para aplicação de LIM e melhoria do feedback em Geodesign. 1 – Parâmetros preliminares de entrada: camadas utilizadas no diagnóstico espacial; 2 – Proposição de áreas verdes; 3 – Aplicação de algoritmo da plataforma GISColab; 4 – Porcentagem de CC em diferentes cenários temporais; 5 – Melhorias futuras com aplicação de aprendizado de máquina.



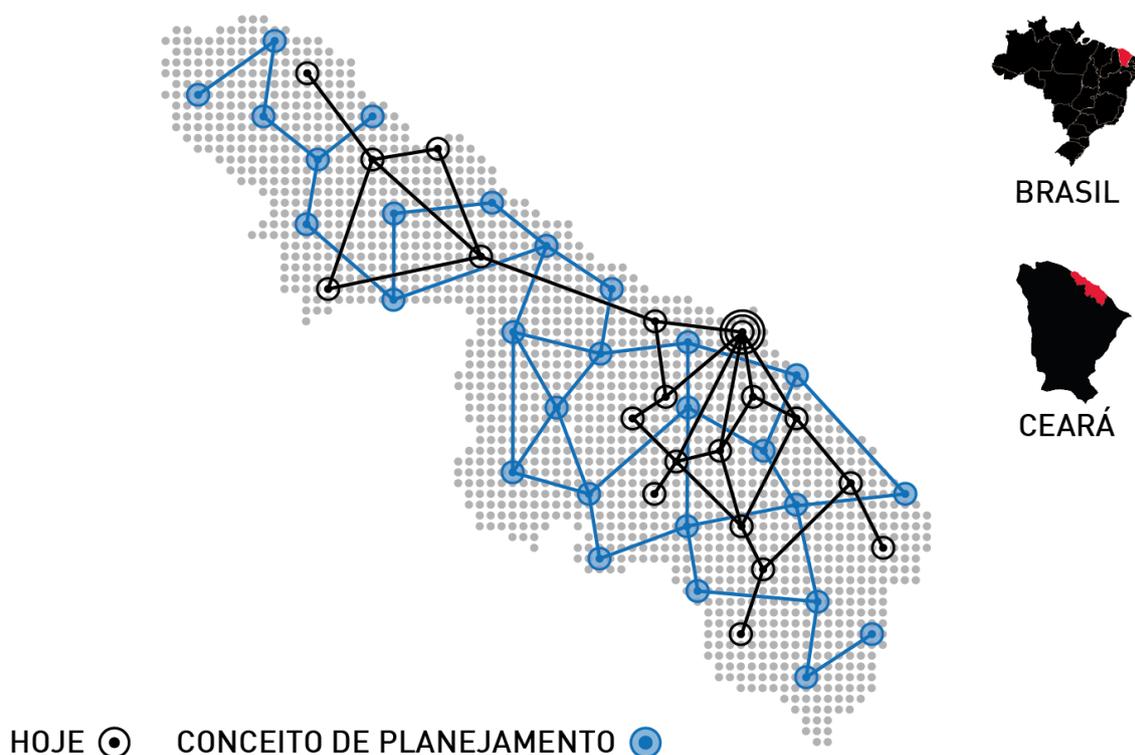
Nossa primeira iteração correspondeu ao Workshop Geodesign. Para a segunda iteração, foram realizados dois arranjos: (i) a extensão da área de estudo (de aproximadamente 7.434,91 milhões de quilômetros quadrados e possuindo 4.137.561 habitantes) levou a divisão da RMF em Unidades de Paisagem (UP), seguindo a metodologia dos geossistemas que definem essas unidades de acordo com a homogeneidade social e ambiental (SOCHAVA, 1978); (ii) a complexidade da informação – enfatizada pela diversidade de dados entre as UP e a pela restrição do número de participantes no workshop local, devido à quarentena e à piora do quadro pandêmico no Brasil – destacou que os passos para a aplicação do Geodesign poderiam se beneficiar de modelagem da informação para a melhoria da precisão dos resultados. A terceira iteração consistiu nas propostas para os cenários de transformação das UP, desenvolvidas dentro das amostras selecionadas (Figura 1).

A área onde foi desenvolvido o estudo, a RMF, é caracterizada como uma aglomeração metropolitana polarizada, significativa no contexto de globalização econômica. O contraste de desenvolvimento entre Fortaleza e as outras cidades que compõem a RMF confirma a forte hierarquia presente no território, baseado no modelo

centro-periferia. A estrutura atual é estratégica para um desenvolvimento baseado na exportação de recursos territoriais, criando um sistema de transferência do excedente de valor da exploração de mão-de-obra, perpetuando as desigualdades socioeconômicas existentes (SANTOS, 2004).

O planejamento regional adotado nesse estudo examinou as possibilidades territoriais para uma configuração espacial e econômica multipolarizada, tornando-a viável com o menor impacto ambiental possível (Figura 2). A partir daí, uma abordagem em microescala foi elaborada para tratar dos problemas relevantes na macroescala – as propostas foram feitas de acordo com especificidades locais. Os 6 passos apresentados atenderam às bases do Geodesign e do IGC e também incorporaram ajustes para melhorar a integração das iterações entre as múltiplas escalas, assim como para subsidiar a aplicação de LIM para melhoria de precisão nos resultados.

Figura 2. Região metropolitana atual (centralizada) e conceito de planejamento proposto.



### Passo 1: Enriquecimento de leitura e definição do conceito de planejamento

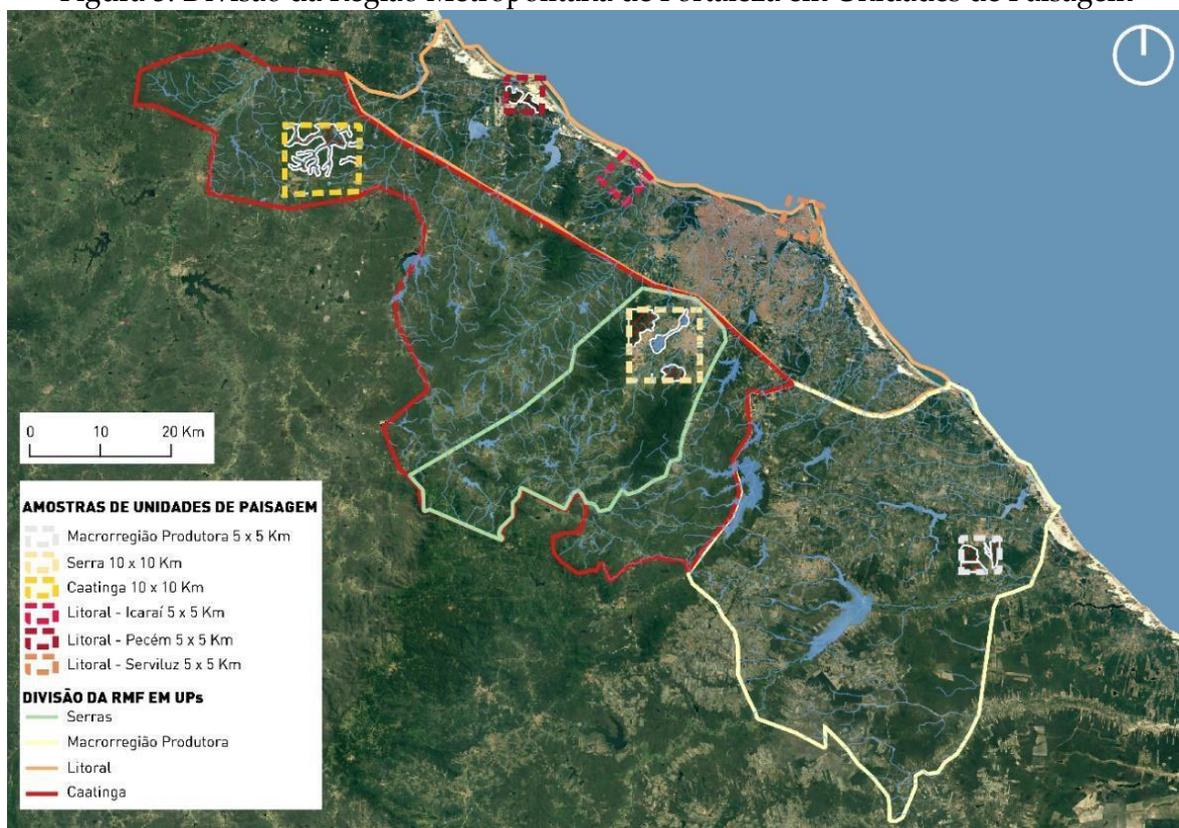
Essa etapa serviu para a compreensão compartilhada e colaborativa da região do estudo de caso. Consistiu na inserção de marcadores de anotação temáticos em uma base cartográfica da RMF dentro da plataforma GISColab. A fim de identificar problemas e potencialidades, os 40 mapas disponibilizados, organizados em 10 categorias (1. Vegetação; 2. Agricultura; 3. Hidrografia; 4. Habitação; 5. Transporte; 6. Instituições; 7. Indústria e comércio; 8. Energia; Turismo e lazer; 10. Crédito de Carbono), foram analisados individual e coletivamente. Foram adicionadas às

categorias informações complementares, para melhor compreender suas formações histórico-econômico-territoriais, seus principais atributos e suas potencialidades. Após constatada a forte centralização exercida pelo município de Fortaleza frente às outras municipalidades, foi adotado o desenvolvimento de pequenos polos urbanos espalhados ao longo da região metropolitana. A abordagem descentralizadora adotada busca o desenvolvimento urbano sustentável, ao reduzir a necessidade de grandes deslocamentos de pessoas, de produtos e de serviços dentro dessa área, evitando impactos ambientais concentrados acima da capacidade de regeneração dos sistemas naturais.

## Passo 2: Divisão da Região Metropolitana em Unidades de Paisagem (UP)

Considerando a extensão da área do estudo de caso, a complexidade dos dados, e as restrições impostas no período de realização do Workshop, a região foi dividida em subáreas, resultando na delimitação de 4 UPs: 1. Litoral; 2. Serra; 3. Caatinga; e 4. Macrorregião produtiva (Figura 3).

Figura 3. Divisão da Região Metropolitana de Fortaleza em Unidades de Paisagem



Essa abordagem proporciona a compreensão da paisagem como um mosaico de sistemas que interagem entre si. Também, torna possível chegar em uma análise mais detalhada das peculiaridades internas de cada UP, destacando características homo e

heterogêneas em cada uma delas. Essa classificação dialoga com o conceito de geossistemas (MAGALHÃES, 2021).

A demarcação das 4 UPs foi baseada em imagens aéreas disponíveis no GISColab da RMF. As imagens foram superpostas com as camadas de dados geográficos e espaciais, de forma a agrupar similaridades e aspectos biogeofísicos homogêneos, conforme definido por Montezuma et al. (MONTEZUMA; TÂNGARI; ISIDORO, 2014), de acordo com os princípios da ecologia da paisagem.

Os limites das UPs não foram restritos às fronteiras administrativas das municipalidades da RMF. Essa foi uma tentativa de reconhecer as dinâmicas existentes nos territórios para além das demarcações políticas. Também foram considerados os elementos da estrutura urbana, observados através das camadas de dados disponíveis na plataforma GISColab, tais como a relação urbano-rural, a densidade populacional, o uso do solo, a concentração de serviços urbanos e a capilaridade da infraestrutura viária.

As 4 UPs definidas neste processo estão descritas abaixo:

a. Litoral: Localizada na região costeira, representa dois setores contrastantes que aparentam ser espelhos temporais um do outro. O território ao leste é uma grande área urbana, amplamente ocupada e urbanizada, concentrando boa parte de serviços urbanos e uma densidade populacional maior (embora faltem espaços verdes apropriados e apresente baixas condições ambientais). A porção oeste apresenta uma densidade populacional menor, seguindo o planejamento tradicional, representando atualmente um vetor de atração para ocupação. Entre esses extremos, estão localizadas áreas com potencial turístico, marcados pelo baixo adensamento e por ocupações sazonais.

b. Serra: Delimitada principalmente com base em suas características topográficas, com grandes inclinações e massas de vegetação conservada. É uma região de relevância no fornecimento de água, com importantes eixos hídricos, ao longo dos quais paisagem e território ajustam-se em planícies aluviais. Há uma tendência de rápido avanço da expansão urbana para essa unidade, com característica predominantemente residencial, representada pelos muitos novos loteamentos e pelos desenvolvimentos imobiliários.

c. Caatinga: A definição dessa UP foi feita pela identificação da área de ocorrência do bioma de mesmo nome no território, o qual é muito bem preservado, e cerca a UP de Serra, expandindo-se para o oeste dessa unidade. Ao Norte, desempenha um papel importante como zona de transição entre a vegetação mais densa da serra e a ocupação urbana mais densificada de Fortaleza. Ao Oeste e ao Sul, essa unidade ainda é muito pouco urbanizada, sendo utilizada principalmente como área de produção agrícola, dividida em grandes propriedades para esse propósito. A UP cobre parte de 13 das 19 municipalidades estudadas.

d. Macrorregião Produtora: Essa área contém municipalidades com características similares relacionadas à produção agrícola e pecuária. Apesar de possuir grandes fragmentos de solo não ocupados, a vegetação encontrada é de baixa expressividade, característica típica de solos já degradados.

### Passo 3: Seleção de amostras para cada UP

A divisão da RMF em UPs resultou em áreas de ainda grande extensão, sendo necessária uma adaptação adicional. As UPs foram distribuídas entre os participantes do workshop, que avaliaram os potenciais e conflitos de forma a selecionar amostras capazes de representar adequadamente cenários da região em microescala, assim como de identificar novos polos para descentralização, utilizando processos de urbanização existentes como oportunidade para o planejamento de um crescimento sustentável de médias cidades. Isso permitiu a leitura detalhada da situação atual, de forma que as propostas e meios de implementação pudessem ser desenvolvidos para o que fora identificado como a pior situação encontrada no local. Dessa forma, as amostras foram propostas com unidades de área de 5x5 Km, com a utilização de múltiplos dessa unidade quando o tamanho mínimo era considerado insuficiente para ser representativo.

**Tabela 2. Seleção de amostras por UP**

Litoral	Serra	Caatinga	Macrorregião Produtora
Três amostras foram selecionadas para a completa caracterização da área. A 1ª amostra (leste) é uma área urbana consolidada, concentrando um grande número de serviços urbanos e com grande densidade populacional. A 2ª amostra (oeste) está em processo de desenvolvimento e densificação devido a existência de um polo atrator. A 3ª amostra reflete a característica turística da região, com baixa densidade e ocupação sazonal.	A amostra conecta a RMF através de seus eixos viários e hídricos. Foi identificada a presença de formações rochosas e abundantes recursos hídricos, além de contar com uma área de reserva indígena. O crescimento da aglomeração urbana resulta em conflitos entre as áreas de expansão urbana, as unidades de conservação e entre as áreas de preservação já existentes.	Grande área com vegetação expressiva (caatinga) com potencial para métricas altas de CC e trechos de áreas de produção agrícola em contraste com áreas consolidadas e de expansão.	A atividade predominante de uso do solo na UO é rural, com grande presença de agricultura e pecuária. Verificou-se uma forte presença de fazendas agrícolas e também de vegetação expressiva dividida em dois biomas: caatinga e vegetação litorânea.

### Passo 4: Proposta de Soluções Inovadoras

A divisão em UPs serviu para identificar a grande heterogeneidade da RMF. Para atingir o objetivo final de desenvolvimento sustentável proposto pela equipe, propostas

foram escolhidas do catálogo de ideias disponibilizado pelo IGC, de forma que elas fossem consistentes com as características locais. A partir daí, foi desenvolvida a definição gráfica nos mapas, através da criação de polígonos e de pontos em que as soluções inovadoras seriam implementadas. As propostas foram organizadas ao redor de cenários futuros para os anos de 2035 e 2050, usando desenho urbano inovador e soluções de planejamento como meio para atingir a meta de CC estabelecida para cada cenário.

Tabela 3. Seleção de propostas inovadoras por UP

Litoral	Serra	Caatinga	Macrorregião Produtora
<p>Para 2035 e 2050, gradualmente foi criado um fluxo de mobilidade mais eficiente, melhorando a conexão com Fortaleza através de um corredor litorâneo de linhas férreas e transporte público. Para novas ocupações e renovação urbana, a adoção de bairros compactos autossustentáveis foram indicados. Parques lineares e corredores verdes, materiais de pavimentação permeáveis e telhados verdes e edificações foram propostos.</p>	<p>Para 2035, as propostas objetivavam tornar as novas ocupações urbanas compatíveis, combinando áreas verdes com usos educacionais, ecoturismo, melhores práticas de manejo de água e restauração de ecossistemas hídricos. Também é proposto a exploração de tradições culturais como uma possibilidade econômica e a criação de bairros mistos, apoiado pelo transporte público mais eficiente também a produção de energia através de painéis solares. Para 2050, é proposto a intensificação dessas estratégias, adicionando mais inovações tecnológicas.</p>	<p>Para 2035, aumentar a resiliência e reparar as características da vegetação, implantar o uso de bicicletas compartilhadas, consolidar a smart city, utilizar energia solar para irrigação e a presença de energia renovável. Para 2050, a intensificação das propostas de 2035, implantação de vias solares, economia compartilhada e bairros sustentáveis.</p>	<p>É esperada a continuação do padrão de ocupação de baixa densidade, inserida em terrenos agrícolas de forma dispersa, com áreas de produção sustentável. O centro urbano densificado se expandirá ao longo das vias existentes e em direção ao norte. Como uma alternativa para as práticas de produção extensivas, são propostas agroflorestas, fazendas de carbono, renaturalização e adoção do agroturismo como formas de renda alternativas.</p>

## Passo 5: Desenho para expansão de CC através da conservação, expansão e criação de áreas verdes.

A definição de um objetivo claro e específico fez com que cada UP fosse modificada de acordo com suas especificidades para o mesmo propósito, tornando capaz de promover a flexibilização dos tipos de intervenções propostas, selecionando-as de acordo com suas particularidades.

Tabela 4. Desenho das áreas de CC por UP

Litoral	Serra	Caatinga	Macrorregião Produtora
<p>Na área consolidada é proposta a substituição gradual da infraestrutura cinza por um sistema integrado de infraestrutura verde, que aumentaria a cobertura vegetal urbana ao longo das estradas e conectaria parques. Na área em desenvolvimento é proposta a conservação da vegetação em seu estado natural, além da preservação de parques constituídos por áreas de duna; e proposta de ocupação do território através de bairros compactos. Na área mais turística, é proposta a expansão da vocação natural através de polos de ecoturismo baseados na estratégia de conservação das áreas verdes existentes.</p>	<p>No planejamento tradicional, a amostra sofreria redução de tamanho e perda de qualidade de suas áreas verdes para ceder espaço para a expansão de fragmentos urbanos que avançariam sobre massas florestais e recursos hídricos. Através do gerenciamento de conflitos através das propostas inovadoras para 2035, é possível conservar e qualificar a vegetação existente, adaptando a expansão urbana a um design que permite a manutenção de serviços ecológicos (proteção e recuperação de APPs, APA e reservas indígenas). Estratégias como as de bairros compactos, permeabilização do solo urbano, adoção de energia renovável e transporte compartilhado pode viabilizar uma</p>	<p>Para o cenário tradicional foi proposta a consolidação da área de expansão urbana, o crescimento da rede rodoviária e a conservação da vegetação próxima aos recursos hídricos. No cenário 2035, em adição a conservação de trechos da vegetação da proposta anterior, seriam adicionadas conexões de vegetação, tornando-a uma unidade. Na proposta final de 2050, a qualidade de CC seria levada em consideração com a redução das fronteiras existentes na proposta anterior.</p>	<p>Foram propostas soluções que integrassem a expansão da vida urbana de baixa densidade com agricultura e a identidade rural, tal como agroflorestas, agroturismo, fazendas de carbono e renaturalização. Devido à natureza das propostas, as áreas verdes foram imaginadas dispersas pelo território, dentro de terras produtivas, promovendo a recuperação gradual de áreas que atualmente são degradadas pela produção extensiva. Dessa forma, a amostra combinaria conservação, expansão e criação de áreas verdes ao longo do tempo no território.</p>

expansão urbana equilibrada. Para 2050, novas áreas verdes são criadas em continuidade com as propostas de 2035, melhorando a forma e núcleo das áreas de UP.

## Passo 6: Avaliação do aumento de CC para feedback de desenho

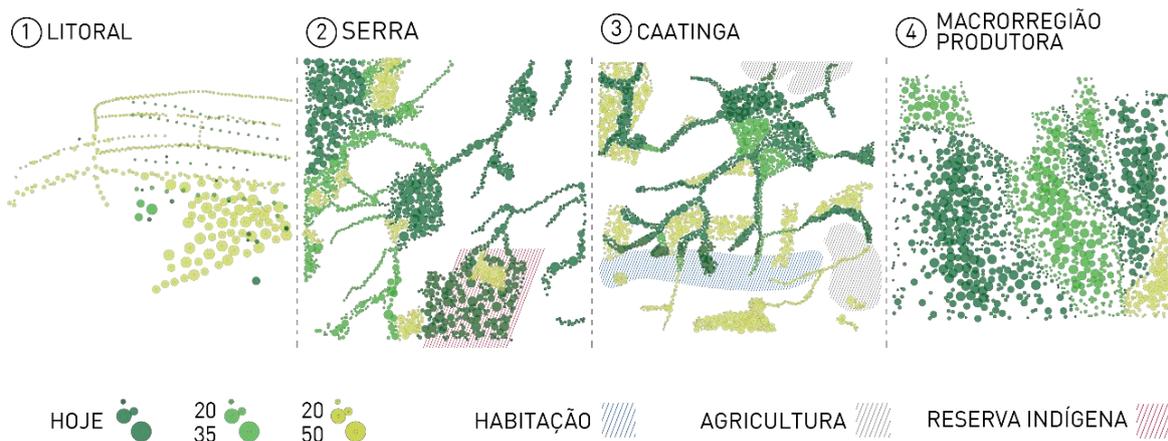
A plataforma GISColab forneceu um algoritmo que expressava para os participantes a importância quantitativa da área de CC proposta no território. Foi possível visualizar o tamanho em Km<sup>2</sup>, a participação no objetivo da RMF, a quantidade de árvores e a quantidade de CO<sub>2</sub> sequestrado acima e abaixo do solo. Durante a execução, a visualização desses números serviu como uma guia para a intervenção, almejando que essas áreas superassem quantitativamente a meta proporcional para a RMF, ainda que aproximadamente. Através do desenvolvimento dos cenários tradicional, 2035 e 2050, foi possível estabelecer massas vegetais graduais, definindo prioritariamente intervenções para 2035, as quais poderiam ser expandidas para o alcance do objetivo de 2050. Os resultados encontrados podem ser vistos na Tabela 2, representados graficamente na Figura 4.

Tabela 2. Resultados do algoritmo de CC

	Litoral	Serra	Caatinga	Macrorregião Produtora	
<b>Área da UP (Km<sup>2</sup>)</b>	892,59	952,37	2.210,67	1.793,26	
<b>Área da amostra (Km<sup>2</sup>)</b>	75	100	100	25	
<b>Traditional</b>	Meta proporcional (%/Km <sup>2</sup> )	0,003	0,007	0,004	0,01
	CO <sub>2</sub> sequestrado ACIMA do solo (MgC/Km <sup>2</sup> )	152	406	263,72	585,92
	CO <sub>2</sub> sequestrado ABAIXO do solo (MgC/Km <sup>2</sup> )	80,27	214,72	139,27	309,42
	Quantidade de árvores (units/Km <sup>2</sup> )	10.158	27.174	17.625	39.158
<b>2035</b>	Meta proporcional (%/Km <sup>2</sup> )	0,009	0,009	0,005	0,01
	CO <sub>2</sub> sequestrado ACIMA do solo (MgC/Km <sup>2</sup> )	802,78	513,17	306,60	605,56

2050	CO <sub>2</sub> sequestrado ABAIXO do solo (MgC/Km <sup>2</sup> )	423,94	271	161,91	319,79
	Quantidade de árvores (units/Km <sup>2</sup> )	34.925	34.296	20.491	40.471
	Meta proporcional (%/Km <sup>2</sup> )	0,024	0,01	0,01	0,022
	CO <sub>2</sub> sequestrado ACIMA do solo (MgC/Km <sup>2</sup> )	1437,83	578,02	597,31	1350,05
	CO <sub>2</sub> sequestrado ABAIXO do solo (MgC/Km <sup>2</sup> )	759,31	305,25	315,43	712,95
	Quantidade de árvores (units/Km <sup>2</sup> )	96.094	38.630	39.919	90.227

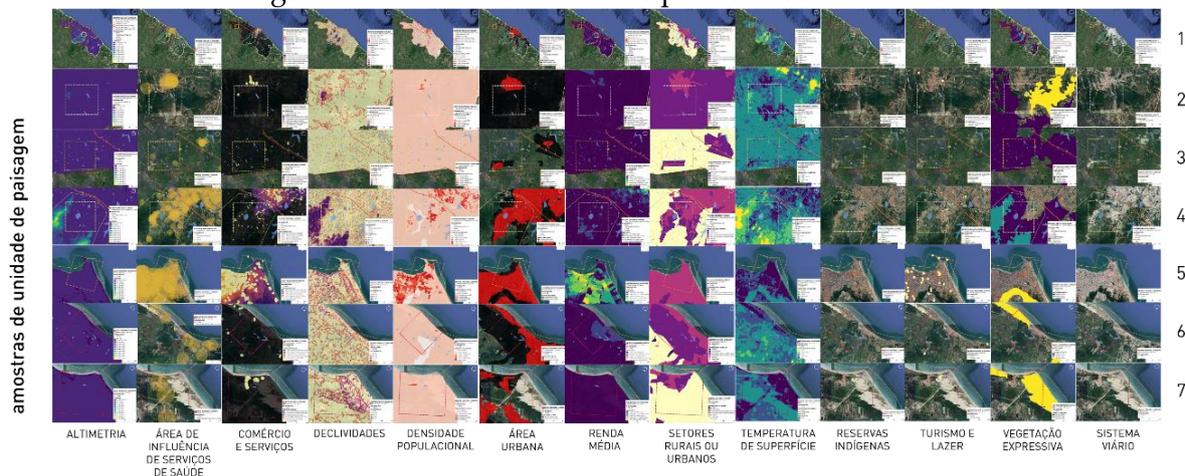
Figura 4. Resumo ilustrativo das propostas de CC desenhadas nas amostras. Obs: Na região do litoral está sendo representado um trecho da amostra localizada no município de Fortaleza onde foi identificada a possibilidade de maior aglomeração de áreas verdes.



## Resultados iniciais

Os passos adotados para a aplicação de Geodesign resultaram no agrupamento de parâmetros comuns a todas as amostras, essenciais para a fundamentação do desenho das áreas de CC. Os mapas analisados (Figura 5) constituem uma lista de atributos que podem ser utilizados na elaboração de algoritmo capaz de reconhecer as características relevantes para atingir um objetivo estabelecido, melhorando o *feedback*.

Figura 5. Parâmetros utilizados para o desenho de CC



**LEGENDA**

- 1. Região metropolitana de Fortaleza
- 2. Macrorregião produtora
- 3. Caatinga
- 4. Serra
- 5. Litoral - Serviluz
- 6. Litoral - Caucaia
- 7. Litoral - Pecém

**Uma nova experimentação**

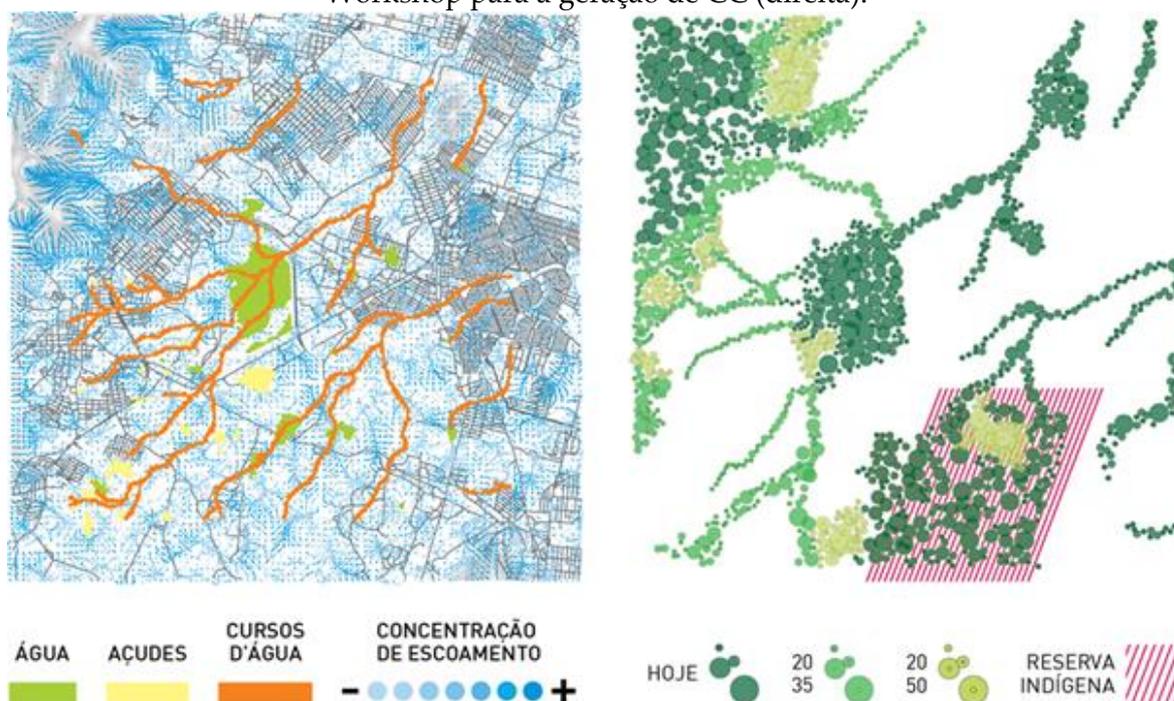
Os resultados do Workshop Geodesign demonstram como um algoritmo, associado a dados de múltiplas fontes, pode auxiliar no planejamento mais preciso, através da incorporação das diferenças existentes em cada território. A partir daí, questiona-se a possibilidade da assimilação de múltiplos objetivos dentro de uma mesma área de paisagem ser exequível, por meio da utilização da modelagem paramétrica. Para verificar a viabilidade dessa hipótese, aplicamos um novo algoritmo, desenvolvido como produto de uma Iniciação Científica (IC) da Universidade Federal do Ceará, aos resultados já encontrados. A nova ferramenta simula o escoamento das águas com base em curvas de nível, integrando, dessa forma, a compreensão da dinâmica hídrica às áreas planejadas para a geração de CC, apresentando novas funcionalidades a essas áreas.

Para o desenvolvimento desse exercício, foi utilizada a amostra da UP Serra, de dimensão 10x10Km. Para a modelagem da topografia das áreas, foram coletados dados adicionais do *Open Street Maps* e do satélite *Alos Palsar*, processados pelos autores para utilização. A partir desses parâmetros, os resultados encontrados pelo algoritmo foram comparados aos do Workshop Geodesign, para posterior análise e discussão.

## Resultados e discussão

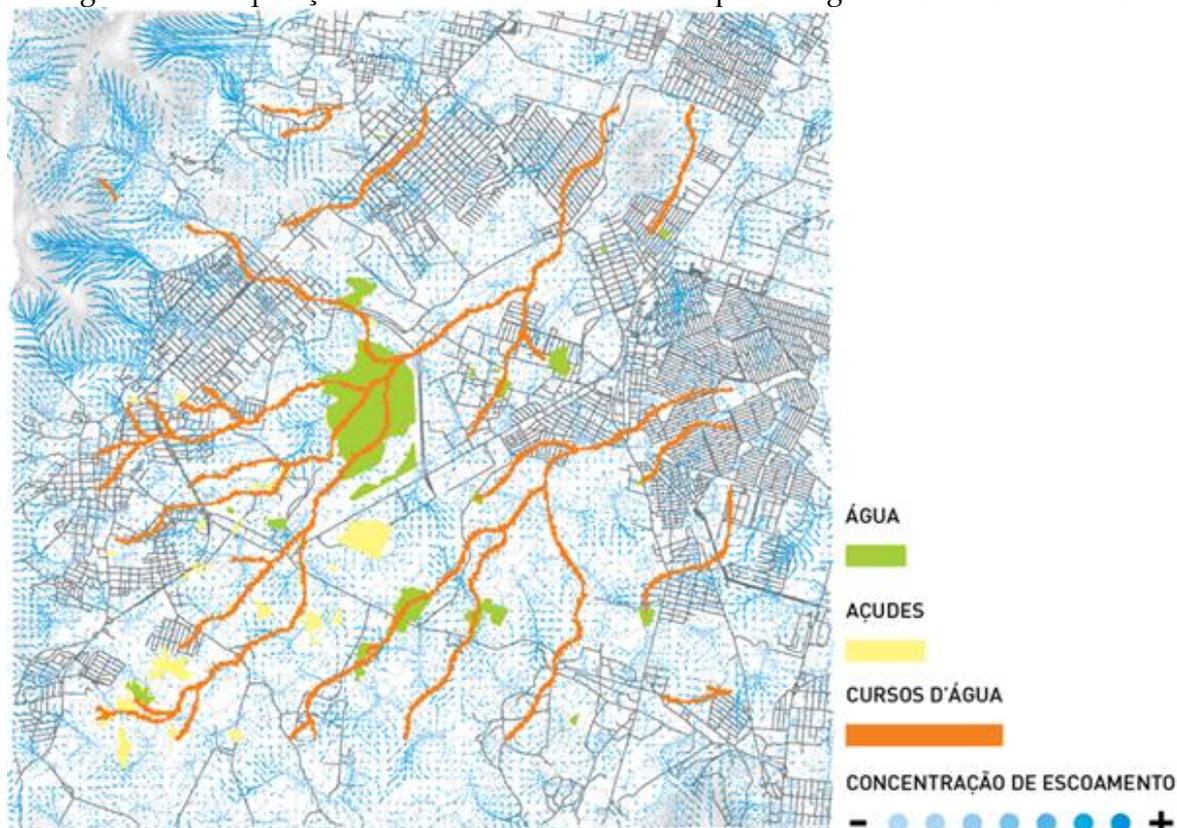
Os resultados iniciais obtidos com o algoritmo ilustram a dinâmica hídrica, indicando as áreas de potencial acúmulo de água, hierarquizando as porções do território de acordo com sua relevância para captação e escoamento da chuva. Em um primeiro momento, ele serviu para reforçar as características da UP de grande importância hídrica, com o desenvolvimento da malha urbana predominantemente sobre planícies aluviais (Figura 6).

Figura 6. Resultados iniciais do algoritmo de escoamento (esquerda) e áreas definidas no Workshop para a geração de CC (direita).



Ao sobrepôr os dois resultados (Workshop Geodesign e algoritmo de escoamento), as propostas de intervenção no recorte amostral da UP de Serra – baseadas principalmente nos evidentes cursos de água que atravessam o território, assim como nas massas vegetais preservadas das áreas de cotas mais elevadas – são reforçadas pela relevância das regiões delimitadas como manchas de CC: muitos pontos de forte fluxo hídrico já haviam sido protegidos pelas propostas (Figura 7).

Figura 7. Sobreposição dos resultados do Workshop e do algoritmo de escoamento.



É possível identificar também áreas urbanizadas do recorte vulneráveis a eventos críticos relacionados à água, que não haviam sido vislumbradas na experiência inicial. Apesar desses resultados positivos, foram encontradas também pequenas discrepâncias entre as linhas de escoamento e os cursos d'água existentes. Isso pode ser consequência da utilização das curvas de nível para a aplicação do algoritmo ter sido desenvolvida em cotas de 5 em 5 metros, o que diminui a precisão da modelagem do território estudado. Pela diferença de datas entre as imagens de satélite utilizadas, essa discrepância também pode indicar a movimentação dos cursos d'água ao longo dos anos – que, naturalmente, se altera numa planície aluvial.

Ainda assim, utilizando esse mapeamento como guia, poderíamos orientar vetores de expansão urbana para áreas com menor impacto ambiental estimado, indicando as vias mais estratégicas para implementação de elementos de IV, como jardins de chuva e biovaletas. Além disso, seria possível também propor padrões de ocupação mais sustentáveis e materiais mais permeáveis, ou até mesmo definir as espécies de vegetação mais adequadas ao nível de encharcamento do solo na região.

### Considerações finais

Através do algoritmo disponibilizado pelo GISColab, que ajudou no processo de feedback, constatamos como a projeção dos efeitos das intervenções em nível de desenho para o alcance da meta regional pode ser didática para planejadores: observar,

durante o traçado dos polígonos, a quantidade e impacto das propostas tornou a compreensão entre escalas muito mais tangível. A utilização do algoritmo de escoamento nas UP de Serra serviu como uma ferramenta de verificação e de refinamento da seleção dessas áreas, simulando as múltiplas dinâmicas presentes na mesma paisagem. Apesar de apresentar limitações quanto ao seu nível de processamento de dados de entrada, ainda assim ele foi capaz de fornecer um novo nível de compreensão.

O estudo da microescala no território da RMF revelou a perpetuação de conflitos ambientais – ainda que com menor intensidade – similares aos já encontrados em Fortaleza. Foi observado um padrão ocupacional que perpetuava o avanço sobre áreas frágeis e a adoção de estratégias ultrapassadas para o gerenciamento de água e recursos territoriais. A otimização de territórios para funções específicas, uma característica da expansão urbana tradicional, torna-os mais vulneráveis a perturbações, principalmente àquelas associadas às questões hídricas. Os eventos críticos estão relacionados à intensidade dos impactos ambientais ocasionados pela expansão da urbanização – se ela considerará as funções ecossistêmicas providas pela natureza, ou se ela irá encontrar a estratégia específica para cada território, a fim de garantir a manutenção da infraestrutura natural.

A utilização dos dois algoritmos na microescala mostrou que, quanto mais as intervenções se relacionarem às características locais, tanto mais resilientes serão as paisagens, beneficiando todo o ecossistema. A modelagem paramétrica mostra-se uma importante ferramenta para o desenvolvimento da capacidade adaptativa do planejamento resiliente. Ao sobrepor resultados obtidos pelas duas experimentações, pudemos constatar a complexidade das paisagens e o potencial das intervenções locais em influenciar metas regionais e globais. A incorporação das diferenças existentes no desenvolvimento de cenários torna as dificuldades na compreensão de grandes dinâmicas territoriais mais manejáveis, melhorando a qualidade da transformação da paisagem, tornando-a menos suscetível a riscos e mais resistente a perturbações. Observa-se, no entanto, que os resultados encontrados estão diretamente relacionados com a quantidade e com a qualidade dos dados fornecidos para avaliação e utilização. A metodologia do Geodesign também é um elemento importante nessa pesquisa, ao permitir a integração de múltiplos agentes com diferentes demandas, afastando o estudo de uma abordagem meramente tecnocrática.

Como recomendação para investigações futuras, vimos a necessidade de refinamento ainda maior dos algoritmos, para que as informações e os dados coletados possam ser processados de forma mais cada vez mais precisa e simultânea, tornando as simulações computacionais das dinâmicas presentes na paisagem cada vez mais similares aos eventos do mundo real, fazendo com que o planejamento se torne verdadeiramente estratégico.

## Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) pelo convite para participar do Workshop Geodesign, organizado pelo *International Geodesign Collaboration* (IGC); à Universidade Federal do Ceará (UFC) e ao apoio da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP).

## Referências

- AHERN, J. From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. **Landscape and Urban Planning**, v. 100, n. 4, p. 341–343, abr. 2011.
- ALVES, A. et al. Assessing the Co-Benefits of green-blue-grey infrastructure for sustainable urban flood risk management. **Journal of Environmental Management**, v. 239, p. 244–254, jun. 2019.
- BADIU, D. L. et al. Disentangling the connections: A network analysis of approaches to urban green infrastructure. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 41, p. 211–220, maio 2019.
- CAMERON, R. W. F. et al. The domestic garden – Its contribution to urban green infrastructure. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 11, n. 2, p. 129–137, jan. 2012.
- CANTRELL, B. E.; HOLZMAN, J. **Responsive Landscapes**. 1. ed. London: Routledge, 2015.
- CASAGRANDE, P. B. **O Framework Geodesign aplicado ao Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais/Brasil)**. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.
- DAVIS, J. et al. Evaluation of community-based land use planning through Geodesign: Application to American Indian communities. **Landscape and Urban Planning**, v. 203, p. 103880, nov. 2020.
- EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook**. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012**. Copenhagen: [s.n.].
- FIELD, C. B. et al. (EDS.). **IPCC, 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [s.l.] Cambridge University Press, 2012.
- FRANTZESKAKI, N. Seven lessons for planning nature-based solutions in cities. **Environmental Science & Policy**, v. 93, p. 101–111, mar. 2019.
- FUKUDA, K. Science, technology and innovation ecosystem transformation toward society 5.0. **International Journal of Production Economics**, v. 220, p. 107460, fev. 2020.
- GENELETTI, D.; ZARDO, L. Ecosystem-based adaptation in cities: An analysis of European urban climate adaptation plans. **Land Use Policy**, v. 50, p. 38–47, jan. 2016.
- MAGALHÃES, D. M. DE. **Uso de drones como suporte ao planejamento territorial: da coleta de dados à geovisualização**. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

- MENDONÇA, F.; MEDEIROS LEITÃO, S. A. Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. **GeoTextos**, v. 4, n. 1 e 2, p. 145–163, 9 mar. 2009.
- MONTEZUMA, R. C. M.; TÂNGARI, V. R.; ISIDORO, I. A. **Unidades de paisagem como um método de análise territorial: integração de dimensões geo-biofísicas e arquitetônico-urbanísticas aplicada ao estudo de planície costeira no Rio de Janeiro** BelémAPP Urbana, , 2014.
- NIȚĂ, M. R. et al. Indicators for evaluating the role of green infrastructures in sustainable urban development in Romania. **Forum geografic**, v. XVII, n. 1, p. 75–81, 30 jun. 2018.
- NOVOTNY, V.; AHERN, J.; BROWN, P. **Water centric sustainable communities: planning, retrofitting, and building the next urban environment**. 1. ed. [s.l.] Wiley, 2010.
- RICHERZHAGEN, C. et al. Ecosystem-Based Adaptation Projects, More than just Adaptation: Analysis of Social Benefits and Costs in Colombia. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 21, p. 4248, 1 nov. 2019.
- RIEKE HANSEN et al. (EDS.). **Urban Green Infrastructure Planning: A Guide for Practitioners**. Munich: GREEN SURGE, 2017.
- SANTOS, M. **O Espaço Dividido: os Dois Circuitos da Economia Urbana dos Países Subdesenvolvidos**. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2004.
- SOCHAVA, V. B. **Por uma teoria de classificação de geossistemas da vida terrestre**. São Paulo: USP, 1978.
- STEINITZ, C. **A Framework for Geodesign: Changing Geography by Design**. [s.l.] Esri Press, 2012.
- UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects - The 2014 Revision**. [s.l.: s.n.].
- WALKER, B.; SALT, D. **Resilience thinking : sustaining ecosystems and people in a changing world**. Washington: Island Press, 2006.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Millennium Ecosystem Assessment (MEA) - Ecosystems and human well-being: Wetlands and water synthesis**. Washington: [s.n.].
- WORONIECKI, S.; WAMSLER, C.; BOYD, E. The promises and pitfalls of ecosystem-based adaptation to climate change as a vehicle for social empowerment. **Ecology and Society**, v. 24, n. 2, p. art4, 2019



### Planejando a Infraestrutura Verde regional a partir dos processos ecológicos

Rubens do Amaral  
Maria do Carmo de Lima Bezerra  
Gustavo Macedo de Mello Baptista

#### Introdução

As formas de ocupação e de uso dos recursos do território têm demonstrado desconsideração com o equilíbrio entre a natureza e a sociedade, por meio dos inúmeros impactos negativos que vêm ocorrendo. Não apenas têm colocado em risco, ao longo da história, a biodiversidade nos ecossistemas, como também o bem-estar humano, a exemplo de inundações, de deslizamentos, de secas, de escassez de alimentos e de doenças (MARSH, 1864; VOGT 1942; OSBORN, 1948; CONSTANZA et al., 2017). Por outro lado, planejar a paisagem baseando-se em relações mais equilibradas entre homem e natureza tem sido encarado como um dos fatores de prevenção e de mitigação desses impactos sobre os Biomas e as ocupações territoriais (WALDHEIM, 2016; BÉLANGER, 2017). O objetivo seria a manutenção da provisão de recursos, da regulação do ambiente e, por fim, do bem-estar sociocultural (MEA, 2005; CARPENTER et al., 2009; POTSCHIN e HAINES-YOUNG, 2016).

Porém, planejar a paisagem com essa perspectiva demanda a compreensão da dependência da integridade dos ecossistemas com a base constante de processos ecológicos de suporte neles contidos, dentre eles o ciclo de nutrientes, a formação do solo, a fotossíntese e a produção de biomassa, todos vinculados, mesmo que indiretamente, aos fluxos de carbono na paisagem (BONAM, 2008; AMARAL et al., 2017; LA NOTTE et al., 2017; CONSTANZA et al., 2017). Quando esses processos se instalam de forma significativa, não somente configuram sumidouros de carbono (*carbon sinks*), como também criam o suporte necessário para a geração de serviços ecossistêmicos. Conformam processos químicos e estruturais em aglomerados de vegetação, sobretudo arbórea, que podem ser relacionados a uma gama de serviços ecossistêmicos finais, sejam de provisão, de regulação ou de cultura (BONAM, 2008, CONSTANZA, 2017 et al). São exemplos disso não apenas serviços de provisão, como o aumento da produtividade de plantações e da disponibilidade de água potável, como de regulação, com o aumento da drenagem natural, da fertilidade e a da

evapotranspiração, responsável pela criação de rios aéreos em ecossistemas florestais. Cabe também ressaltar que a instalação dos processos ecológicos de suporte na paisagem garante a integridade ecológica dos Biomas e a identidade cultural dos povos originários a eles associados (LAL et al, 2004; MEA, 2005; TREVISAN et al., 2010; LANGE et al., 2011; DECOCQ et al., 2016; AMARAL et al., 2017; GALLAGHER et al., 2018; AMARAL et al., 2019)

Tais aglomerados de vegetação, também conhecidos como *hotspots* de multifuncionalidade, possuem estreita relação com os núcleos de grande desempenho ecossistêmico dos Biomas e as ocupações territoriais (urbanas ou rurais), configurando áreas de referência para o manejo da vegetação (HOBBS, 2007; 2011; JACOBS et al., 2015). A identificação dessas áreas é essencial para a configuração de uma rede multiescalar de infraestruturas verdes, cujas multifuncionalidades, provavelmente, são diretamente proporcionais à escala do sistema biofísico (BÉLANGER, 2017), à sua respectiva complexidade biótica e à eficiência fotossintética na geração de biomassa. Vale destacar que todos esses processos imbricam-se com o fluxo de carbono nas paisagens (CONSTANZA et al., 2017; FIREHOCK e WALKER, 2019).

Se, por um lado, a proteção e incremento de *hotspots* multifuncionais são importantes para o aumento da resiliência territorial, por outro lado, o aumento da quantidade de árvores ao longo do território não pode ser a única estratégia adotada para promover e recuperar esses processos. Um fator importante a ser observado é qual o manejo mais propício para promover essa resiliência, o que leva à consideração da sinergia entre sistemas biofísicos e sistemas construídos no design da paisagem, exigindo conhecimentos objetivos das condições de cada localidade. Um exemplo vivido ocorre no Plano Piloto de Brasília, que possui quantidade expressiva de vegetação arbórea e arbustiva em seu tecido urbano – em torno de 72 m<sup>2</sup>/Hab –, associada à cerca de 60% de permeabilidade – entre áreas gramadas e de solo exposto (SEDUH, 2018; ROCHA, 2019). Durante o período de chuva (por volta de outubro e abril), o serviço ecossistêmico de drenagem natural dos solos mostra-se incapaz de conter os constantes alagamentos da cidade, conforme figura 1.

Figura 1. Trechos alagados durante o período chuvoso no Plano Piloto de Brasília



Fonte: Rocha (2019)

Fica claro que não se obtém serviços ecológicos apenas plantando árvores. A criação de um sistema com manejo adequado às características biofísicas precisa ser configurada na forma de núcleos, de corredores e de trampolins ecológicos intercalados com os sistemas construídos, formando infraestruturas verdes híbridas, conforme as demandas de cada escala da paisagem (JACOBS et al., 2015; BÉLANGER, 2017; PELLEGRINO, 2017; FIREHOCK e WALKER, 2019). Logo, repensar a paisagem leva à consideração das relações entre as ocupações rurais e urbanas, assim como dessas com as áreas de conservação ou de interesse ambiental, provedoras de serviços ecossistêmicos (*hotspots*). Na escala intraurbana, a revisão dos padrões de parcelamento do solo (eg. sistema viário, quarteirões, quadras) perante o sistema de áreas verdes (eg. praças, canteiros ao longo de vias, bulevares, florestas urbanas etc).

Hoje, já é possível ver a busca pelo tratamento dessas relações por meio da infraestrutura verde, que vem se dedicando ao estudo do nexo entre paisagem e serviços ecossistêmicos, mas onde se verifica um grau de objetividade baixo, no que tange aos processos ecológicos de suporte (BEZERRA; SANT'ANNA, 2021). Constanza et al. (2017) ressalta que uma das formas de preencher essa lacuna seria pela aplicação do sensoriamento remoto no estudo da conexão entre tais processos, sobretudo o da produção de biomassa, e os serviços ecossistêmicos. Essa relação é tão estreita, que configura uma forma sólida de avaliar os benefícios provenientes dos ecossistemas, simplificando e aperfeiçoando análises espaciais e temporais sobre o tema, com potencial para subsidiar o planejamento e a projeção de uma rede de infraestruturas verdes multiescalares (MEA, 2005; CONSTANZA, et al., 2017; AMARAL et al., 2019).

A partir dessa contextualização, o presente trabalho objetiva identificar a relação entre sumidouros de carbono e sistemas construídos na paisagem do Distrito Federal, com o uso de ferramentas de sensoriamento remoto, de modo a subsidiar o planejamento e o projeto da infraestrutura verde regional, a partir da promoção e da proteção dos processos ecológicos de suporte.

## **Metodologia e método**

Dentre as ferramentas de sensoriamento remoto com maior potencial para identificar sumidouros de carbono, figuram os sensores hiperespectrais. Eles permitem uma análise detalhada das propriedades de alvos ou de materiais, representando uma abordagem sólida às técnicas de sensoriamento remoto. Sensores hiperespectrais possuem intervalos finos de comprimento de onda, que podem fornecer uma diversidade de informações sobre a vegetação e sobre seu desempenho em relação aos processos ecológicos de suporte. Isso porque, com essa quantidade de bandas, é possível obter os espectros dos pixels das imagens do satélite e identificar as principais feições espectrais das superfícies associadas ao comportamento da vegetação (BAPTISTA, 2019). Tais sensores permitem realizar uma série de avaliações com acurácia, como os conteúdos de dióxido atmosféricos sobre as diversas formas de uso e de ocupação do

solo, até dinâmicas associadas às características e ao funcionamento da vegetação, desde a sua estrutura e propriedades bioquímicas e fisiológicas, às concentrações de nutrientes, pigmentos, Fração da Radiação Fotossinteticamente Ativa - FPAR e uso eficiente da luz na fotossíntese (MENESES et al., 2019)

Dentro dessa abordagem, foram utilizadas duas ferramentas de sensoriamento remoto: os índices ICO<sub>2</sub>, relacionado à variação de dióxido de carbono na coluna atmosférica, e CO<sub>2</sub>flux, com as variações do desempenho da vegetação no sequestro de carbono e sua consequente eficácia fotossintética. Tais índices foram aplicados em um trecho do território do Distrito Federal com significativas variações de uso e de ocupação territorial.

A análise iniciou pela verificação da correlação entre os índices espectrais supracitados: as variações de dióxido de carbono, na coluna de ar atmosférico, mudam conforme a presença, distribuição da vegetação na paisagem, bem como sua eficiência no sequestro de carbono. É importante ressaltar que os dois índices foram previamente validados por torres micrometeorológicas do projeto LBA (*Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia*) na Floresta Amazônica, nos contextos de floresta primária, da floresta secundária, da pastagem e do cerrado de transição (Silva e Baptista, 2015a, 2015b), bem como o CO<sub>2</sub>flux, no contexto de caatinga preservada e degradada, no semi-árido pernambucano (Santos, 2017).

Em sequência, apresentam-se os resultados de aplicação do índice hiperespectral ICO<sub>2</sub> em um trecho da paisagem do Distrito Federal. Nessa etapa, buscaram-se variações de CO<sub>2</sub> na coluna de ar atmosférico de áreas que se comportam como sumidouros de carbono, observando possíveis relações com o uso e com a ocupação territorial. Posteriormente, foi aplicado o outro índice - CO<sub>2</sub>flux - no mesmo trecho, mas em uma abordagem diferente, utilizando variações do desempenho da vegetação no sequestro de carbono (eficácia fotossintética).

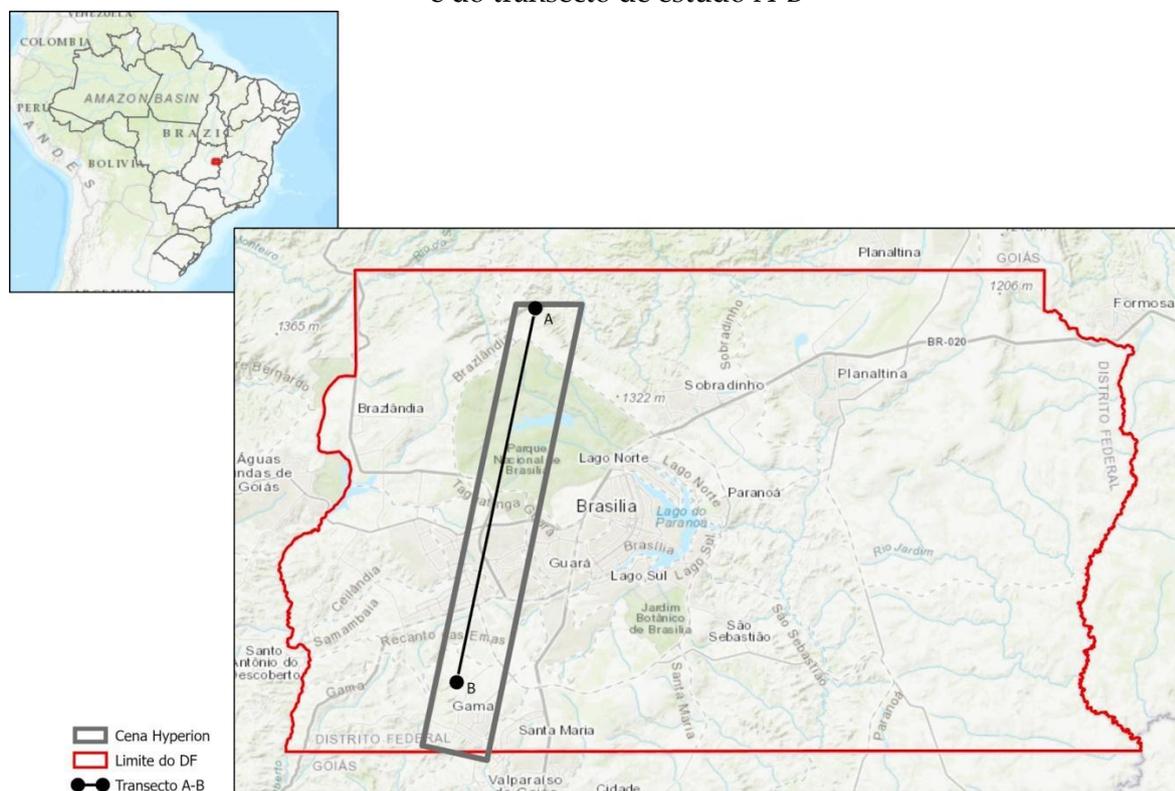
Por fim, foi discutida a potencialidade da incorporação de estratos de vegetação com desempenho fotossintético significativo no planejamento da paisagem, visando à proteção e à promoção de serviços ecossistêmicos, identificando uma provável rede de sumidouros de carbono na paisagem do Distrito Federal.

## **Identificação de sumidouros de carbono no Distrito Federal**

O estudo de caso procedeu em um trecho da paisagem do território do Distrito Federal-DF, que abriga a capital, Brasília. O DF possui uma grande diversidade de tipos de uso e de ocupação do solo, entrelaçados com uma gama de vegetações nativas e exógenas, que podem apresentar uma variação significativa na prestação de serviços ecossistêmicos de suporte, com diferentes desempenhos na absorção de carbono. Para

análise e simulação, foi selecionada a cena Hyperion<sup>6</sup> E01H2210172014119110KF\_L1GST, de outubro de 2014: um período no final da estação seca, na região Centro-Oeste, sem precipitações significativas ou eventos climáticos extremos, como *la ninha* ou *el ninho*. Na figura 2, é apresentada a localização da cena no Distrito Federal e o traçado de um transecto, denominado transecto A-B, ao longo do qual foram investigadas as dinâmicas relacionadas à presença e à absorção de CO<sub>2</sub> pela paisagem.

Figura 2. Localização Cena Hyperion E01H2210172014119110KF\_L1GST, no Distrito Federal e do transecto de estudo A-B



Fonte: Elaboração Rômulo José Costa Ribeiro (2020)

O transecto A-B perpassa 1.521 pixels<sup>7</sup>, com resolução espacial de 30 m, cobrindo diversas formas de uso e de ocupação do solo, proporcionando uma amostra de alvos para a averiguação, tanto das concentrações de CO<sub>2</sub> na coluna de ar atmosférico, quanto da capacidade de sequestro desse gás ao longo do território. Atravessa ainda uma unidade de conservação, o Parque Nacional de Brasília (PARNA Brasília). O PARNA para o estudo em tela é estratégico, pois pode configurar-se como área de

<sup>6</sup>O Hyperion é um sensor hiperespectral instalado em um satélite EO1, com imagens visíveis e infravermelhas, composto por 220 bandas que cobrem o espectro refletido com 16 bits de resolução radiométrica. Possui 30 metros de resolução espacial e uma largura de banda de 10 nm (Baptista; 2019)

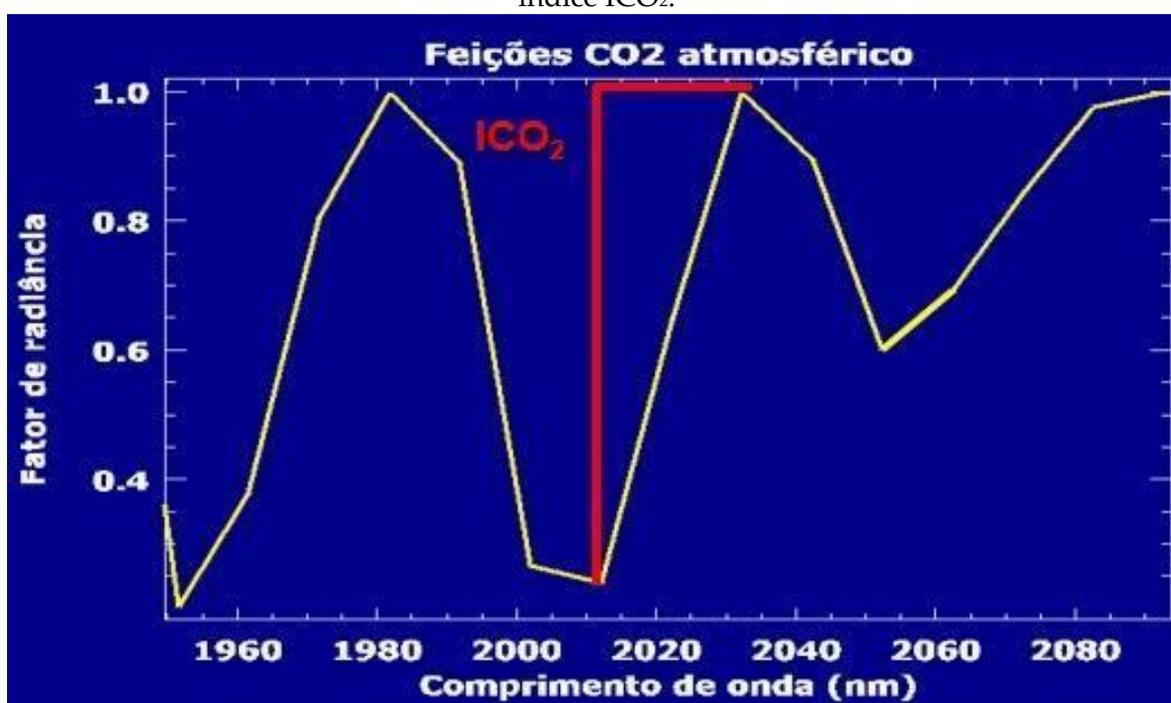
<sup>7</sup>No sensoriamento remoto hiperespectral, para cada pixel, existe um espectro medido de energia eletromagnética que atinge o sensor. Como cada pixel possui um valor de reflectância ou brilho para cada uma das 220 bandas, é possível obter um espectro contínuo, que pode ser usado para derivar uma infinidade de informações sobre o território, com base na assinatura espectral dos alvos e nas relações entre matéria e energia (Baptista, 2004; 2019).

referência<sup>8</sup> para balizar a análise de potenciais sumidouros de carbono aptos a abrigar, de forma significativa, processos ecológicos de suporte.

### Determinando o $ICO_2$ com índices espectrais

Para a determinação do teor de  $CO_2$  na coluna de ar adjacente ao longo do transecto A-B, utilizou-se um índice espectral  $ICO_2$  (Baptista, 2003; 2004) que, conforme ilustrado da figura 3, baseia-se na profundidade da feição de absorção do dióxido de carbono centrada no comprimento de onda de 2000 nm.

Figura 3. Intensidade da feição espectral do  $CO_2$  obtida em uma cena Hyperion, relativa ao índice  $ICO_2$ .



Fonte: Baptista (2003)

O procedimento de cálculo foi realizado determinando a intensidade de absorção da feição do gás, subtraindo-se o ponto máximo do ponto mínimo de radlância, localizados, respectivamente, nos comprimentos de onda de 2037 e 2007 nm, respectivamente, utilizando-se a seguinte equação, no módulo *Band Math* (Equação 1):

$$ICO_2 = L_{2037} - L_{2007} \quad (1)$$

<sup>8</sup> De acordo com Hobbs (2007) áreas de referência são aquelas que apresentam desempenho ambiental apto para se medir o sucesso de ações de recuperação ecológica. Podem assim espelhar o funcionamento de um ecossistema antes de ser modificado ou degradado, visando a instalação de seus processos essenciais, balizando o grau de comprometimento de serviços ecossistêmicos em áreas analisadas, bem como o traçado de metas objetivas de recuperação ecológica.

Na equação,  $R_{2037}$  corresponde à radiância no nível do sensor da banda 111 e  $R_{2007}$  corresponde a radiância no nível do sensor da banda 108, ambas do sensor *Hyperion*. As bandas correspondem aos valores máximo e mínimo de radiância, respectivamente.

### Determinando o CO<sub>2</sub> flux com índices espectrais

Para estudar o sequestro de carbono pela vegetação ao longo do transecto A-B, utilizou-se o índice CO<sub>2</sub>flux, cuja determinação decorreu da integração do NDVI (Índice de Vegetação de Diferenças Normalizadas) e com o PRI (Índice de Reflexão Fotoquímica), reescalados para valores positivos. Ao passo que o NDVI quantifica a radiação fotossinteticamente ativa absorvida pela vegetação, o PRI quantifica a eficiência desse processo de absorção pela planta (RAHMAN et al., 2000). Ambos são sensíveis às variações de biomassa, de clorofila, de água na folha e de umidade no solo, de forma que, conjugados, podem expressar cerca de 96% do processo fotossintético e suas variações (MINGZHU et al., 2016; BAPTISTA et al., 2019).

O índice NDVI (Equação 2) consiste na diferença de refletância entre a absorção do vermelho (660 nm) e o aumento do albedo que ocorre nos espectros da vegetação após o início do infravermelho (800 nm), em que R é o valor da refletância em cada comprimento de onda, ajustado para dados Hyperion (Rahman et al., 2001; Silva e Baptista, 2015a)

$$NDVI = \frac{R_{800} - R_{660}}{R_{800} + R_{660}} \quad (2)$$

O Índice de Reflexão Fotoquímico - PRI (Equação 3) é uma razão da diferença entre a feição de absorção azul (531 nm) e o pico de refletância do verde (570 nm), podendo ser correlacionado com a eficiência da luz na fotossíntese (Gamon et al., 1997).

$$PRI = \frac{R_{531} - R_{570}}{R_{531} + R_{570}} \quad (3)$$

No entanto, o PRI exige que seus valores sejam reescalados, evitando dados negativos, sendo denominado sPRI (Equação 4). O reescalamento para valores positivos é necessário para normalizar os dados “verdes” da vegetação. O sPRI foi obtido por meio do PRI, adicionando uma unidade e dividindo o resultado por duas.

$$sPRI = \frac{(PRI + 1)}{2} \quad (4)$$

Por fim, o índice  $CO_2flux$  foi determinado pela multiplicação dos planos de informação NDVI e sPRI (Equação 5) usando o software ENVI®, versão 5.1, e seu módulo *Band Math*.

$$CO_2flux = NDVI \times sPRI \quad (5)$$

## **Análise dos resultados**

Como resultado do estudo, se obteve a dinâmica relacionada à presença e à absorção de  $CO_2$  na paisagem, permitindo algumas reflexões sobre as potencialidades de aplicação dos índices para tomada de decisão sobre a preservação e a promoção dos processos ecológicos de suporte. Inicialmente, investigaram-se os padrões espaciais relacionados ao comportamento espectral do  $ICO_2$  e do  $CO_2flux$ , seguindo o estudo do modelo estatístico referente à análise da relação entre os resultados encontrados e, em sequência, a identificação de áreas com diferentes graus de integridade quanto aos processos ecológicos de suporte no Distrito Federal. Isso remete à proposição de ações de re-planejamento da paisagem com maior assertividade.

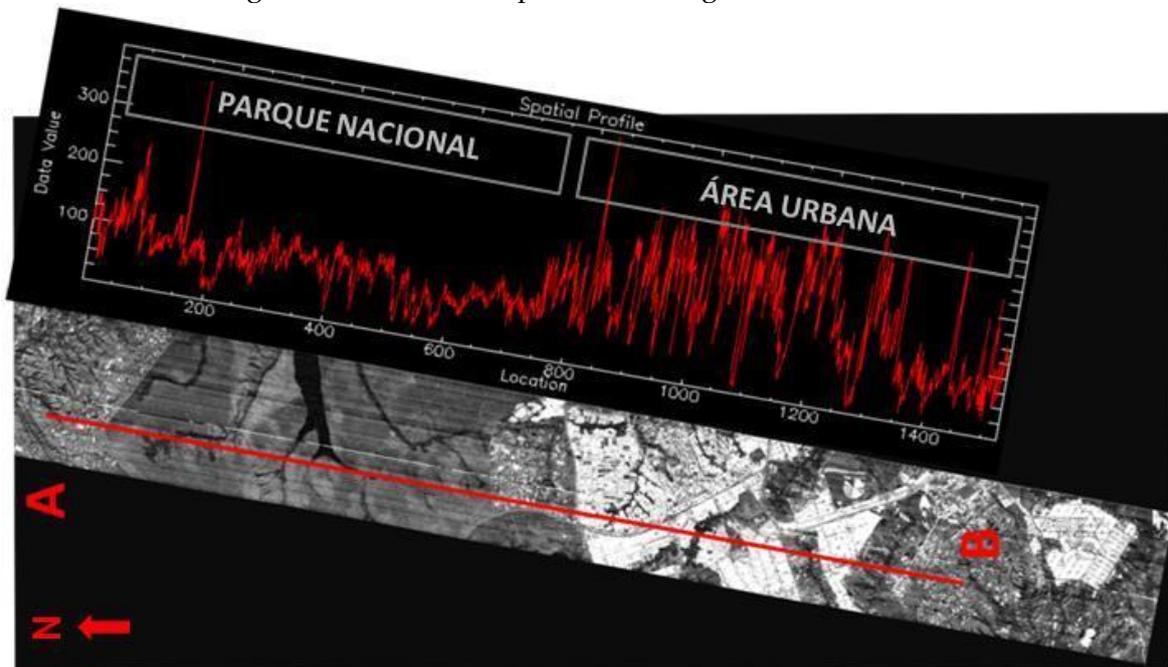
### **Interpretação dos padrões espaciais.**

A partir da aplicação do índice  $ICO_2$  ao longo do transecto A-B, identificaram-se variações na concentração de  $CO_2$  na coluna de ar sobre a área de estudo, somando outras abordagens relativas ao planejamento territorial. Não se trata da visualização da imagem do uso e ocupação do solo coberta pela cena Hyperion, mas das concentrações de dióxido de carbono sobre o território, as quais, por sua vez espelham a configuração da paisagem apresentada pela cena e interceptada pelo transecto, conforme ilustrado na figura 4.

As áreas mais claras correspondem às maiores concentrações de dióxido de carbono na coluna de ar atmosférico, coincidentes com as manchas de ocupação urbana ou de solo exposto – quanto mais brilhantes, tanto maiores as concentrações de emissões de  $CO_2$ . As áreas graduadas em cinza correspondem às com menores concentrações do gás, quanto mais escuras, tanto menores as quantidades de  $CO_2$  na coluna de ar. A imagem permitiu visualizar a conformidade das concentrações de dióxido de carbono com as variações de uso e ocupação do solo.

Como a cena Hyperion percorre uma área que corta o Parque Nacional de Brasília (área de referência) e vários núcleos urbanos do Distrito Federal, foi possível identificar um fenômeno: os domos urbanos de  $CO_2$  nas cidades. Esses domos configuram-se pela alta concentração de  $CO_2$  atmosférico nas colunas de ar adjacentes a alvos urbanos (Baptista, 2003; 2004). Assim, observa-se no transecto do estudo altas concentrações de gás relacionadas às áreas urbanas, com baixas significativas correspondentes ao Parque Nacional de Brasília.

Figura 4. Índice ICO<sub>2</sub> aplicado ao longo do transecto A-B

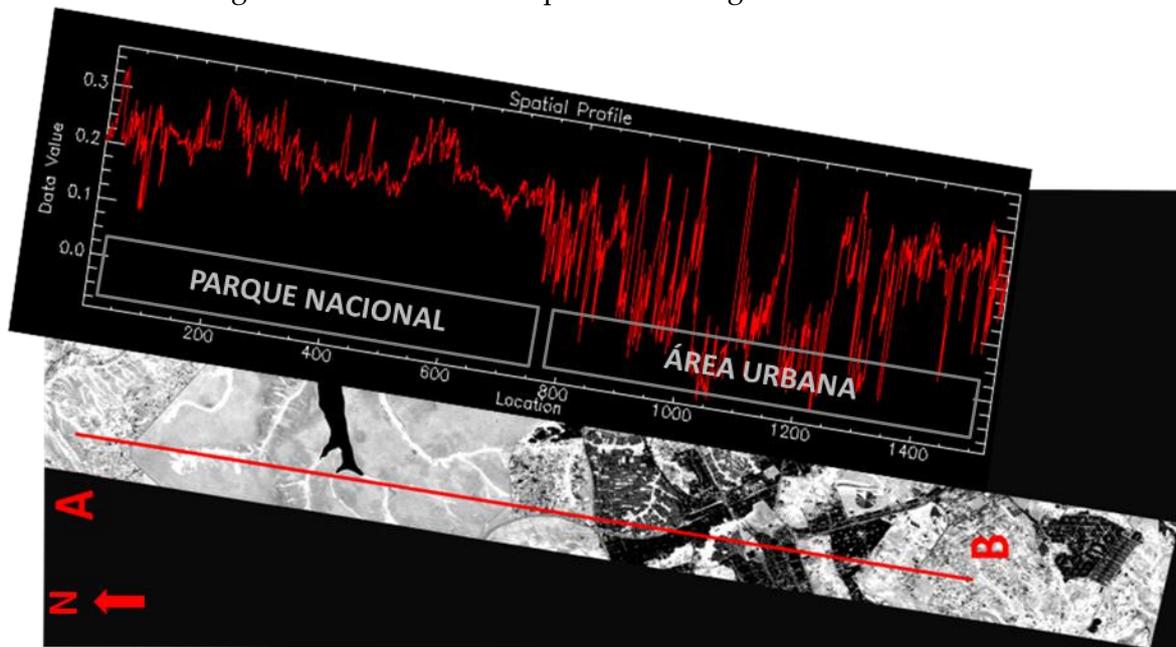


Fonte: Elaboração própria (2022)

Em consonância com os resultados supracitados do estudo com o índice ICO<sub>2</sub>, a atividade fotossintética, demonstrada pela aplicação do índice CO<sub>2</sub>flux sobre o Parque Nacional, foi significativamente mais expressiva do que nas áreas com ocupações urbanas, corroborando o fenômeno de domos de CO<sub>2</sub> urbano identificado quando da aplicação do índice de ICO<sub>2</sub> ao longo do transecto A-B, figura 5.

A imagem apresentou a intensidade da atividade fotossintética, conforme as variações dos sistemas naturais e antrópicos. A cena analisada, surpreendentemente, apontou a possibilidade de identificar aglomerados de vegetação arbórea em sítios urbanos, com desempenho semelhante ao da área de referência. No estudo, correspondem aos pontos e faixas mais brilhantes intercaladas os tecidos urbanos ou áreas com o solo exposto, cujo contraste ofertou indícios de possíveis sumidouros de carbono entrelaçados com tecidos urbanos.

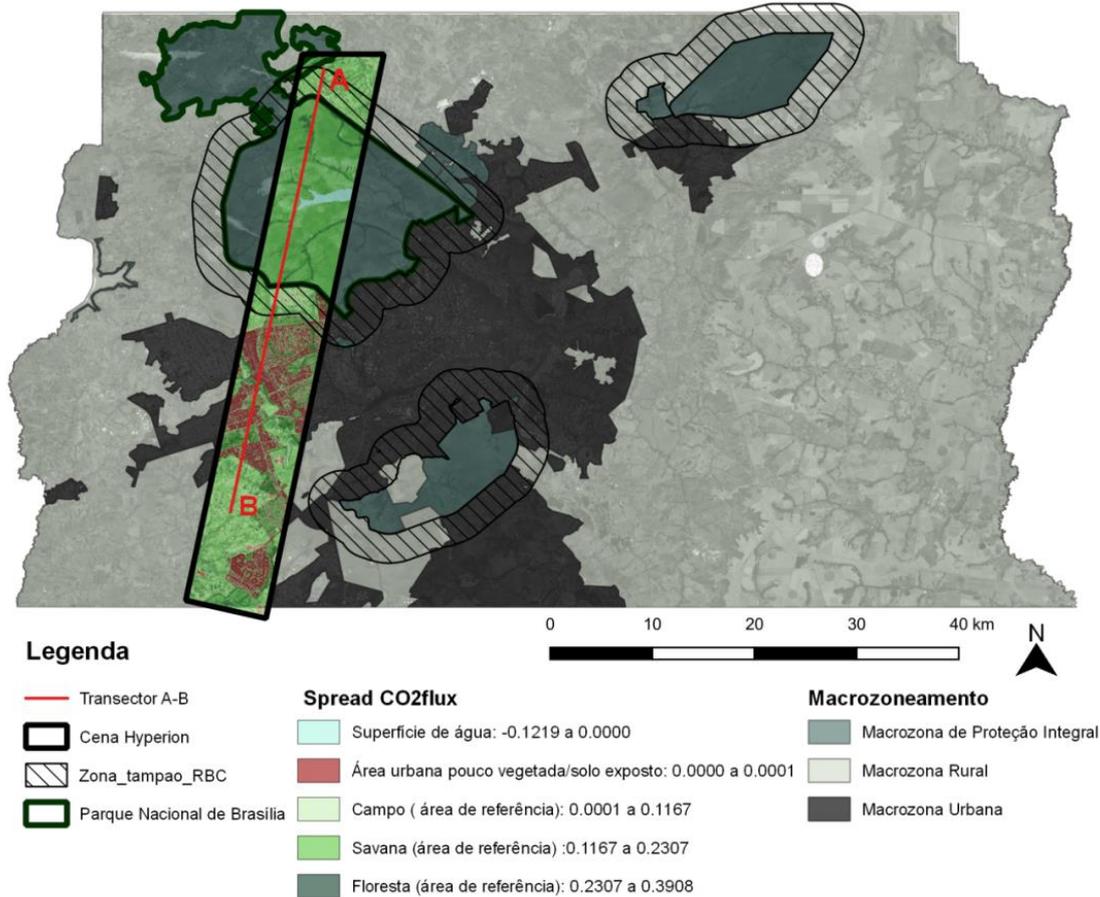
Figura 5. Índice CO<sub>2</sub>flux aplicado ao longo do transecto A-B



Fonte: Elaboração própria (2022)

Foi possível também associar a intensidade fotossintética a variações na formação vegetal, a partir da área de referência do estudo. Isso levou não só à identificação de cinco classes de paisagem agrupadas pelo comportamento espectral dos alvos em relação ao CO<sub>2</sub>flux, mas também à distribuição dessas classes perante o zoneamento territorial. Na ordem decrescente da intensidade de CO<sub>2</sub>flux, as formações vegetais mais complexas, como as florestais, seguidas pelas savânicas e as campestres. Tais comportamentos espectrais foram observados em todas as macrozonas do PDOT, bem como na Zona Tampão da Reserva Biosfera do Cerrado - RBC referente ao PARNA. A figura 6 apresenta as classes de paisagem identificadas na área de estudo, conforme o spread do CO<sub>2</sub>flux, sobrepostas ao macrozoneamento do D.F. e à Zona Tampão da RBC.

Figura 6. Classes de paisagem, conforme o spread do  $CO_2flux$ , sobrepostas ao macrozoneamento do D.F. e à Zona Tampão da RBC

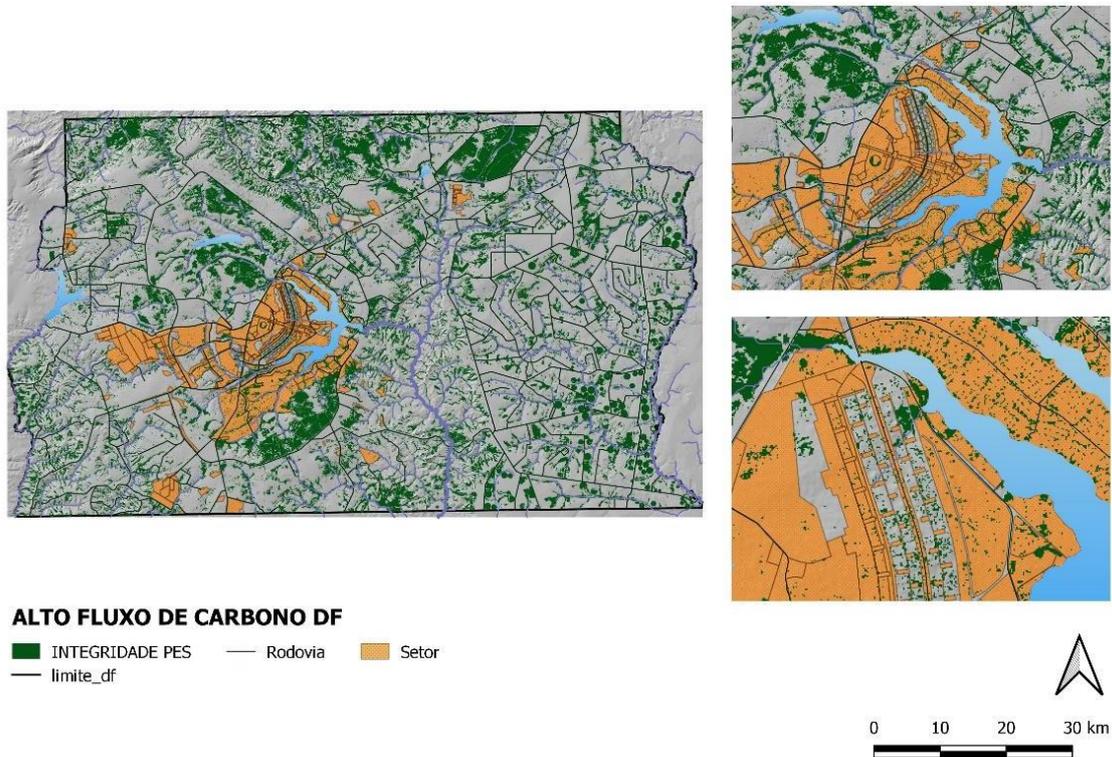


Fonte: Elaboração própria (2022).

Visando à espacialização das áreas com melhor desempenho quanto ao sequestro de carbono, foi aplicado o  $CO_2flux$  ao longo do Distrito Federal, separando apenas as faixas espectrais referentes às formações vegetais mais complexas, com maiores fluxos de  $CO_2$  e integridade dos Processos Ecológicos de Suporte - PES. O resultado, conforme a figura 7, possibilitou visualizar a distribuição dos sumidouros de carbono no DF em relação às ocupações urbanas, em diversas escalas da paisagem.

Em suma, ambos os índices não só apresentaram variações de comportamento decorrentes da presença de vegetação no território, mas também apresentaram gradientes diferenciados entre áreas urbanas, rurais e de preservação ambiental. Nesse contexto, os efeitos das variações de uso e de ocupação do solo sobre o desempenho conjunto dos índices necessitam ser explicitados. É necessário avaliar a modelagem estatística dos padrões espaciais encontrados, esclarecendo o grau de influência da vegetação sobre as emissões de carbono, sobretudo nos domos urbanos de  $CO_2$ .

Figura 7. Conjunto dos sumidouros de carbono no Distrito Federal em relação às ocupações territoriais, na escala regional, urbana (Plano Piloto) e local (tecido urbano de Brasília).

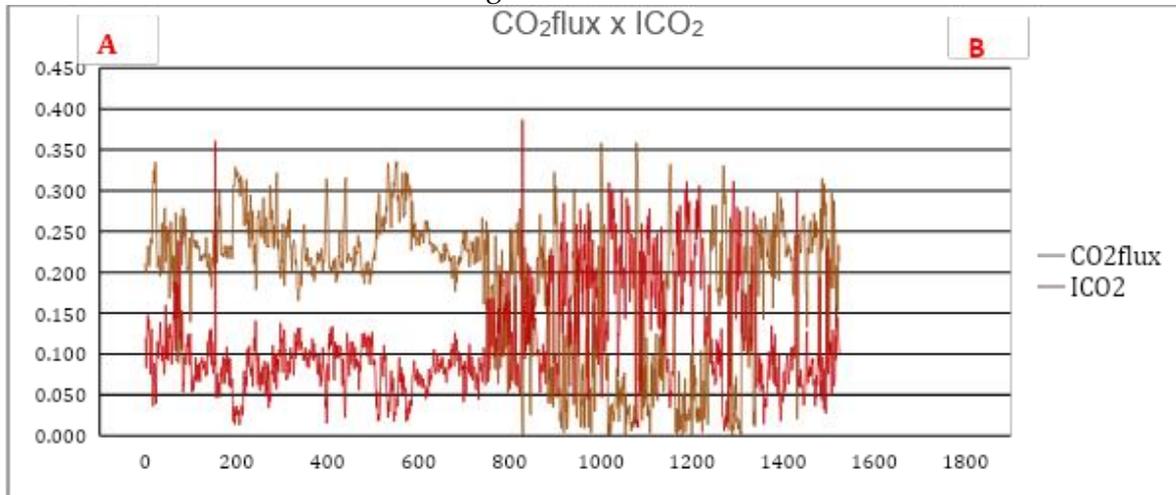


Fonte: Elaborada pelos autores. (2021)

## Modelo Estatístico

Em uma abordagem comparativa, os parâmetros estudados demonstram-se inversamente proporcionais, pois quanto maior a atividade fotossintética da vegetação, menos  $\text{CO}_2$  atmosférico foi encontrado na coluna acima do alvo. O gráfico 1 apresenta comparação das medições encontradas dos índices  $\text{ICO}_2$  e  $\text{CO}_2\text{flux}$  ao longo do transecto A-B. Pode-se observar que o transecto de análise do índice  $\text{CO}_2\text{flux}$  apresenta comportamentos opostos ao transecto de estudo do índice  $\text{ICO}_2$ .

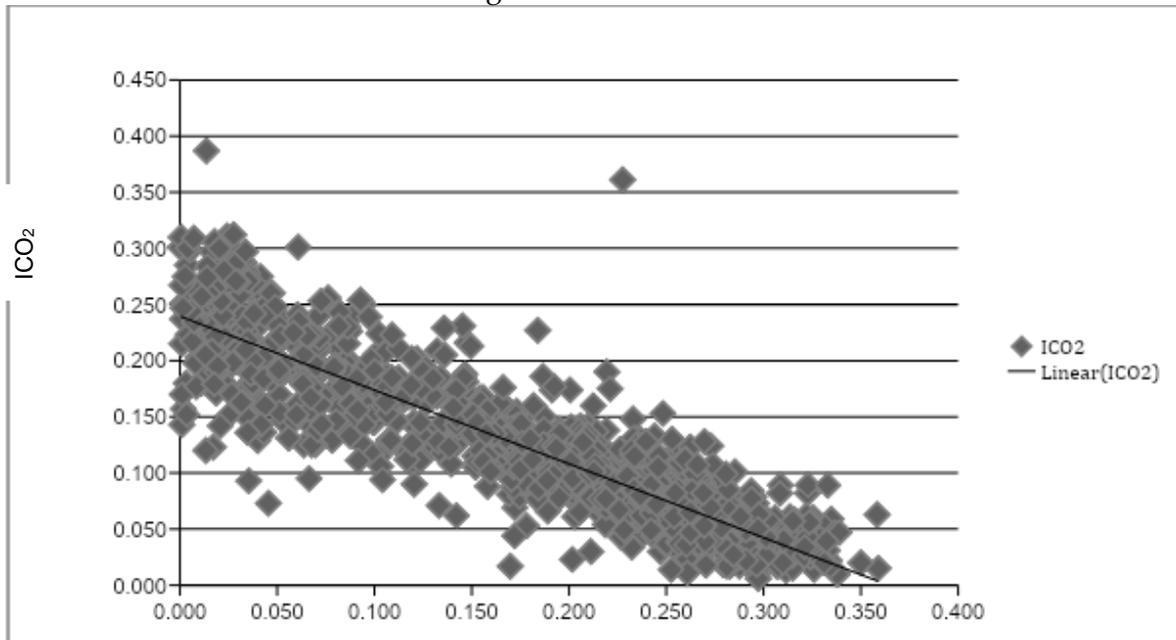
Grafico 1. Gráfico de comparação das variações entre os índices ICO<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>flux aplicado ao longo do transecto A-B



Fonte: Elaboração própria (2022)

Esse fato foi confirmado pela análise de regressão linear entre os resultados, descrevendo função negativa com alto coeficiente de determinação ( $R^2=0,785$ ), conforme apresentado no gráfico 2. Isso indica que cerca de 80% do sequestro de carbono nos 1.505 pixels interceptados pelo transecto A-B explicam o conteúdo de CO<sub>2</sub> na coluna de ar atmosférico.

Grafico 2. Regressão linear entre os resultados da aplicação dos índices ICO<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>flux ao longo do transecto A-B



Fonte: Elaboração própria (2022)

## Discussão: aplicações do método como apoio a tomada de decisão no planejamento da paisagem

O estudo conjugado do ICO<sub>2</sub> com o CO<sub>2</sub> flux possibilitou não somente a identificação de sumidouros de carbono (*hotspots*) no território do Distrito Federal, como também ofertou indícios das relações entre esses sistemas biofísicos – potenciais provedores de serviços ecossistêmicos – e os sistemas construídos, relacionados a diversas formas de ocupação territorial. Essa percepção vai ao encontro do coeficiente de determinação entre os índices (0,785), comprovando que ambos apontam para espacialidades muito semelhantes e complementares. Se, por um lado, identificam-se domos de CO<sub>2</sub> sobre os assentamentos urbanos, no caso da área de referência do Parque Nacional de Brasília, por outro lado evidencia-se que a vegetação atua na mitigação desses efeitos num escalonamento da escala regional à local. Os baixos níveis de dióxido de carbono na coluna de ar atmosférico, associados à eficácia da vegetação no sequestro de carbono e a uma alta atividade fotossintética nas áreas urbanas, ressalta a importância da proteção, da ampliação e da proposição de sumidouros de carbono entrelaçados com o tecido urbano. A intercalação da vegetação nesses aglomerados urbanos poderia, além de fomentar a conexão com outros sistemas biofísicos ao longo do território, possibilitar, também, a proteção e a promoção dos serviços ecossistêmicos, além da consequente melhoria do bem-estar humano.

Além disso, uma leitura mais acurada dos efeitos desse entrelaçamento em relação ao comportamento do ICO<sub>2</sub> permite identificar que, em certos pontos, as baixas concentrações de dióxido de carbono atmosférico, surpreendentemente, se assemelham ou são inferiores às das faixas com vegetação florestal, na área de referência, o Parque Nacional de Brasília. Mais do que isso, os resultados apontam para a efetividade da vegetação na diminuição ou mesmo supressão das concentrações do gás sobre os núcleos urbanos. Eram esperados reflexos da vegetação sobre o teor de CO<sub>2</sub> sobre as áreas urbanas, mas não de forma tão efetiva. Esse comportamento poderia ser associado ao grau de implantação dos processos ecológicos de suporte, sobretudo ao ciclo biológico de carbono, conjugado às concentrações de biomassa arbórea nos trechos em que esse efeito foi observado (CONTANZA et al., 2017, AMARAL et al., 2019). Tais processos influenciam positivamente na formação de tecidos vegetais e húmus, que, além de serem significativamente relacionados com a fertilidade e com produtividade de um ecossistema, configuram os principais e mais efetivos pontos de sequestro de carbono nos ecossistemas terrestres (LAL et al, 2004; BONAM, 2008), influenciando a eficácia fotossintética da vegetação e a captura de carbono no ar (GOWER, 2003; AMARAL et al., 2017).

Resultados compatíveis com o estudo de caso foram encontrados em modelagens pontuais, por meio de medições em torres micrometeorológicas para áreas rurais naturais e antropizadas. Maiores densidades de vegetação arbórea apresentaram tendência negativa de fluxo de carbono na camada atmosférica (FUENTES et al., 2006, SILVA e BAPTISTA, 2015a, 2015b; SANTOS, 2017).

Verificou-se no caso do estudo do DF que o CO<sub>2</sub>flux, além de identificar o aumento da eficácia fotossintética conforme as concentrações de vegetação arbórea, oferta indícios sobre quais áreas teriam maior ou menor integridade dos processos ecológicos de suporte. Essa gradação ampara-se em estudos que apontam que a vegetação arbórea, comparada com arbustos e gramíneas, assimila carbono e nutrientes em escala muito maior, gerando, a partir da fotossíntese, uma quantidade maior e mais complexidade de biomassa. Essa biomassa, uma vez absorvida pelo solo, regula sua estrutura física e química, propiciando o aumento da biodiversidade na rizosfera, promovendo a estabilização biológica dos ecossistemas terrestres e a promoção de serviços ecossistêmicos (BONAM, 2008; AMARAL, 2017).

Por sua vez, o CO<sub>2</sub>flux, ao apresentar forte correspondência com o ICO<sub>2</sub>, aumenta as possibilidades de análise das relações entre os sumidouros de carbono e as ocupações urbanas ao longo da matriz territorial. Primeiro, porque o índice demanda uma complexidade menor de bandas, disponíveis em uma gama de sensores multiespectrais, como as do sensor *Landsat 8*, ele possibilita maior cobertura territorial e menor periodicidade nas análises. Segundo, pelo alto fator de determinação entre ambos os índices, possibilitando que o CO<sub>2</sub>flux possa ser utilizado como *proxy* do ICO<sub>2</sub> em relação a atuação da vegetação sobre as concentrações de carbono na camada atmosférica. Esses dois fatores conjugados tornam o CO<sub>2</sub>flux apto para a avaliação da integridade dos processos ecológicos de suporte no território, em subsídio à incorporação desses processos no planejamento territorial.

A partir da proteção ou da promoção da integridade dos sumidouros de carbono revelados pelo estudo, esses podem atuar como potenciais *hotspots* de multifuncionalidade, com maiores concentrações e performances de serviços ecossistêmicos, com benefícios *in-situ* ou externos aos seus limites (TIMILSINA et al., 2012; LIU et al, 2019; SANT'ANNA, 2020). Essa perspectiva permite a valorização dessas áreas perante as estratégias territoriais, cuja proteção decorreria de sua integração com as ocupações urbanas e, a partir daí, da percepção de sua importância para o bem-estar humano e para a resiliência e a adaptabilidade de sítios urbanos (COLDING, 2013; ZAID; PELLING, 2013; BEILING; WILKINSON, 2015).

Outra perspectiva interessante apontada pelo estudo foi a visualização do imbricamento entre os *hotspots* de multifuncionalidade e as ocupações urbanas, desde a escala dos setores habitacionais, até a dos tecidos urbanos. Essa abordagem abre possibilidades para o estudo das interfaces entre sistemas biofísicos (verdes<sup>9</sup>) e sistemas tecnológicos<sup>10</sup> contruídos (cinzas), articulando conhecimentos da arquitetura da paisagem com o planejamento urbano e a engenharia civil (WALDHEIM, 2016; BÉLANGER, 2017). Essa articulação possibilita não apenas prover soluções híbridas (cinzas e verdes) para as ocupações humanas, como também reconhecer e proteger

---

<sup>9</sup> A infraestrutura verde contempla os chamados sistemas verde e azul numa rede que promove os processos naturais, integrando-se às infraestruturas construídas do território (SANT'ANNA, 2020).

<sup>10</sup> Como sistemas biofísicos, podemos entender relevo, clima, vegetação, hidrografia, fauna e, por tecnológicos contruídos, a infraestrutura urbana (WALDHEIM, 2016; BÉLANGER, 2017; PELLEGRINO, 2017).

arranjos semelhantes já existentes, ao longo do território urbano-rural, desde a escala regional, até a local (WALDHEIM, 2016; BELANGER; 2017; SANT'ANNA, 2020; BEZERRA, SANT'ANNA, 2021 ).

Cabe ressaltar que um dos pontos não explorados pelo estudo foi a quantificação por meio de levantamentos *in-situ* dos índices espectrais estudados por meio de torres micrometeorológicas. Embora a relação entre as concentrações de carbono medidas em campo e o fluxo de carbono evidenciado pelos índices tenha sido comprovada por Silva e Baptista (2015a, 2015b), a realização de tais estudos no Distrito Federal agregaria maior complexidade aos achados. Provavelmente, seriam somadas especificidades sobre o funcionamento da vegetação no trecho estudado, nos contextos do Bioma Cerrado e do ecossistema urbano.

Por fim os achados da presente pesquisa demonstram que existe a possibilidade de estudar propostas de configuração de uma matriz de sumidouros de carbono que, uma vez inseridos no planejamento territorial, estruturam uma rede de sistemas verdes urbanos em articulação e em sinergia com serviços ecossistêmicos. A partir dessa abordagem, a multifuncionalidade da paisagem, um dos mais relevantes princípios da infraestrutura verde, poderia ser agregado às ações de projeto e de planejamento da paisagem – intervenções capazes de alavancar, conforme Oliveira (2017), uma integração sistêmica de serviços ecossistêmicos. No caso, apoiada na aferição, na proteção e na promoção dos processos ecológicos de suporte.

### **Considerações finais**

A aplicação conjunta dos índices espectrais estudados na paisagem do Distrito Federal demonstrou-se apta a subsidiar o planejamento e o projeto de uma rede de infraestruturas verdes a partir da escala regional. Por um lado, tais estudos apontam para a possibilidade da identificação de *hotspots* de multifuncionalidades no território, com alta integridade ecológica, essenciais para a promoção de serviços ecossistêmicos no território. Por outro, verificou-se que tais áreas são distribuídas ao longo da paisagem distrital, com diferentes enlances com as ocupações urbanas, desde a escala regional à local. Essas duas perspectivas agregam ao planejamento e ao projeto da infraestrutura verde oportunidades para repensar a relação entre tais *hotspots* e as ocupações territoriais: a conservação, a ampliação, a criação ou o aperfeiçoamento de massas vegetadas (corredores, manchas e trampolins ecológicos) pode ocorrer de forma multiescalar, articulada hibridamente com as cidades, com seus tecidos urbanos e com suas infraestruturas locais.

Por sua vez, essa articulação, ao considerar as condições necessárias para proteção e promoção de processos ecológicos de suporte, pode então trazer respostas à demanda por aumento da resiliência territorial com efetiva sinergia entre sistemas biofísicos e construídos. A questão é superar abordagens quantitativas de aumento de manchas arborizadas, sobretudo considerando as condições necessárias para que essa vegetação possa promover os serviços ecossistêmicos demandados, conforme a escala

e a necessidades de aumento da resiliência territorial. Considerar a instalação de processos ecológicos de suporte (eg. ciclo de nutrientes e reabsorção de biomassa arbórea pelo solo) ao longo das diversas formas de ocupação territorial, pode, por exemplo, aumentar a permeabilidade dos solos e a evapotranspiração da vegetação, de forma a evitar alagamentos em núcleos urbanos.

Por outro lado, o potencial da consideração desses processos na paisagem leva a reflexões sobre quais *designs* seriam mais propícios para melhor aproveitar os benefícios decorrentes de sua consideração no planejamento e no projeto da paisagem, em diversas escalas. Levantam-se questões cujas respostas ainda estão em construção na contemporaneidade. Como projetar e planejar, considerando o equilíbrio entre sistemas biofísicos e construídos? Aproveitamos a potência dos sistemas biofísicos, mesmo quando propomos soluções em infraestrutura verde? Consolidamos, na nossa atuação profissional, as complexidades necessárias para o que McHarg, em 1967, propôs ao *Projetar com a Natureza*?

Tais perguntas demandam respostas complexas, que poderiam começar a ser esclarecidas em pesquisas apoiadas por processos integrados de desenho urbano, como o caso do *geodesign*. Assim, os achados desenvolvidos no presente estudo poderiam ser aprofundados em um conjunto inicial de mapas (camadas), cuja expressão e espacialização dos processos ecológicos de suporte subsidiariam a investigação de uma gama não fechada de soluções a serem consideradas no planejamento e projeto de uma rede de infraestruturas verdes regional para o Distrito Federal.

Assim, torna-se necessário o envolvimento de profissionais de projeto do ambiente, das ciências geográficas, das tecnologias de informação e das pessoas do lugar que, juntos, propiciam soluções alinhadas à Ecologia da Paisagem. O uso inteligente das tecnologias, somado ao entendimento e à modelagem do ambiente, bem como à compreensão do passado e do presente, permite reinterpretar a paisagem pelo que ela poderá ser, em perspectivas diferenciadas de desenvolvimento. Além disso, as soluções decorrem de um processo de co-design, acordando os conflitos entre as partes e consolidando diferentes visões de futuro.

Por fim, destaca-se a necessidade de ampliação dos estudos para a aplicação e desenvolvimento de ferramentas de sensoriamento remoto aptos a apoiar um planejamento da paisagem ancorado na sistematização e provimento de serviços ecossistêmicos. Tais ferramentas poderiam ofertar subsídios para novas formas de projeto da paisagem, nas quais os ecossistemas e seus componentes poderiam atuar ativamente (*working nature*) na paisagem antrópica, provendo os diversos gamas de serviços ecossistêmicos necessários (suporte, provimento, regulação e cultural) na sua articulação com a forma urbana, da escala territorial à local.

## Referências

- AMARAL, R., COSTA, S., & MUZZI, M. R. "O sequestro de carbono em trechos da floresta urbana de Belo Horizonte: por um sistema de espaços livres mais eficiente no provimento de serviços ecossistêmicos urbanos". **Paisagem e Ambiente**, 39, pp. 163-179, 2017. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/paam/article/view/109272>
- BAPTISTA, G. M. M. Validação da Modelagem de Seqüestro de Carbono para Ambientes Tropicais de Cerrado, por meio dos dados AVIRIS e HYPERION. Trabalho apresentado no XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, SBSR, 1037-1044, abril 2003, Belo Horizonte, 2003.
- BAPTISTA, G. M. M. "Mapeamento do seqüestro de carbono e de domos urbanos de CO<sub>2</sub> em ambientes tropicais, por meio de sensoriamento remoto hiperespectral." **Geografia**, 29(2), pp. 189-202, 2004.
- BAPTISTA, G. M. M. **Sensoriamento remoto hiperespectral**. Rio de Janeiro: Editora Interciência. 2019.
- BÉLANGER, P. **Landscape as infrastructure**. New York: Routledge, 2017.
- BEZERRA, M., SANT'ANNA, C. Contribuições da Infraestrutura Verde para o planejamento da paisagem urbana. In: Maria do Carmo de Lima Bezerra, Denise Silva Macedo, Wladimir de Andrade Oliveira, Haroldo Brito, Luciana Lins Camello Galvão. (Org.). **Paisagem urbana: natureza & pessoas**. 1ed. Brasília-DF: Editora Universidade e de Brasília, 2021, v. , p. 45-70
- BONAM, G. **Ecological climatology: concepts and applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
- BONZI, R.S. "Paisagem como infraestrutura", in P. Pellegrino, N. B. Moura (Eds.), **Estratégias para uma infraestrutura verde**, Barueri: Manole, pp. 1-24, 2017.
- FIREHOCK, K., WALKER, R.A. **Green infrastructure: map and plan the natural world with GIS**, Redlands: Esri press, 2019.
- GAMON, J. A.; SERRANO, L.; SURFUS, J.S. "The photochemical reflectance index: an optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutrient levels." **Oecologia**, 112, pp. 492-501, 1997.
- GOWER, S. T. "**Patterns and mechanisms of the forest carbon cycle**". Madison: Department of Forest Ecology and Management, 2003.
- HOBBS, R.J. "Setting effective and realistic restoration goals: key directions for research." **Restoration Ecology**, 15, pp. 354-357, 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, (2019). "**Distrito Federal: História & Fotos**". São Paulo: IBGE- Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/brasil/panorama>
- LAL, R. "Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security". **Science**, New York, 304, pp. 1623-1627, 2004. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/304/5677/1623>

LOVELL, S. T.; TAYLOR, J. R. "Supplying urban ecosystem services through multifunctional green infrastructure in the united states." **Landscape Ecology in Review**, 28, pp. 1447-1463, 2013.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT BOARD – MA. "**Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment**", London: Island Press, 2005. Disponível em: <https://www.cifor.org/knowledge/publication/1866/>

PELLEGRINO, P. "Paisagem como infraestrutura ecológica: a floresta urbana", in P. Pellegrino, N. B. Moura (Eds.), **Estratégias para uma infraestrutura verde**, Barueri: Manole, pp. 63-78, 2017.

RAHMAN, A. F.; GAMON, J. A.; FUENTES, D. A.; ROBERTS, D. A.; PRENTISS, D. "Modeling spatially distributed ecosystem flux of boreal forest using hyperspectral indices from AVIRIS imagery". **Journal of Geophysical Research**, 106(D24), pp. 33.579-33.591, 2001.

Disponível em: [http://www.geog.ucsb.edu/viper/viper\\_pubs/rahman\\_et\\_al\\_2001.pdf](http://www.geog.ucsb.edu/viper/viper_pubs/rahman_et_al_2001.pdf)

ROCHA, M. A. **Paisagem urbana integrada às técnicas compensatórias de drenagem: solução para os alagamentos em Brasília**. 2019.

SANTOS, C. V. B. **Modelagem Espectral para Determinação de Fluxo de CO<sub>2</sub> em Áreas de Caatinga Preservada e em Regeneração**. Dissertação de Mestrado em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Feira de Santana – UEFS, 2017.

SILVA, S. C. P, BAPTISTA, G. M. M. "Modelagens de Sequestro Florestal de Carbono e dos Conteúdos de CO<sub>2</sub> Atmosférico com Dados Hyperion em Diferentes Ambientes na Amazônia Brasileira". **RBC. Revista Brasileira de Cartografia**, 67, pp. 1509-1521, 2015a.

SILVA, S. C. P, BAPTISTA, G. M. M. "Análises espectrais da vegetação com dados hyperion e sua relação com a concentração e o fluxo de em diferentes ambientes na amazônia brasileira". **Boletim de Ciências Geodésicas**, 21(2), pp. 354-370, 2015b. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/bcg/article/view/41949>

WALDHEIM, C. "**Landscape as urbanism: a general theory**". New Jersey: Princeton University Press, 2016.



# Sobre as autoras e os autores

## Organizadores

### **Amanda Lombardo Fruehauf**

Fez graduação em Agroecologia na UFSCAR (2017), Mestra em Ciências da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP, 2020), com ênfase em geoprocessamento, uso da terra, Infraestrutura verde e arborização urbana. Atualmente, é doutoranda do Programa de Recursos Florestais na ESALQ/USP, destacando a Infraestrutura Verde, as geotecnologias, o geodesign e as Soluções Baseadas na Natureza.

### **Ashiley Adelaide Rosa**

Doutoranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais e membro do Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG. Mestre em Ambiente Construído pelo Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora. Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Juiz de Fora.

### **Cíntia Miua Maruyama**

Docente adjunta da Universidade Federal do Paraná – UFPR, fez graduação pela FAU USP (2001), é especialista em Arquitetura e Pós Modernidade pela UEL/PR (2004), tem mestrado em Engenharia Urbana pela UEM/PR (2013) e fez Doutorado em Paisagem e Ambiente pela FAU USP (2020).

### **Matheus Aguiar Coelho**

Arquiteto e urbanista pela Universidade Federal do Ceará (UFC), com intercâmbios realizados na Universidad Nacional de La Plata (Argentina) e na Universidad Politécnica de Madrid, Espanha. Mestre em Arquitetura da Paisagem pela Universidade da Coruña, Espanha. Membro do Núcleo de Boas Práticas da Iniciativa Latino-americana da Paisagem (LALI).

## **Autores**

### **Ana Clara Mourão Moura**

Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela UFMG. Especialista em Planejamento Territorial e Urbano pela PUC-MG e pela Universidade de Bologna, Itália. Mestre em Geografia pela UFMG e Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Pós-Doutorado pelo Politécnico de Torino, Itália. Professora Titular da UFMG, Departamento de Urbanismo. Coordenadora do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG. Orienta na Pós-Graduação em Geografia, IGC-UFMG. Tem experiência em Planejamento Urbano e Ambiental, Análise Espacial, SIGs, Geodesign e Simulação de Transformação da Paisagem.

### **Andréia Medinilha Pancher**

Geógrafa (1996) - UNESP; Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental (1999) - USP; Doutora em Geografia (2006) - UNESP. É docente da Graduação em Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP; Livre Docente em Cartografia. Chefe do Depto de Geografia e Planejamento Ambiental; Coordenadora do Programa Institucional de Iniciação à Docência desde 2014; Vice-Líder do Grupo de Pesquisa GEOCART/CNPq.

### **Camila Fernandes de Morais**

Graduada em Ciências Sociais e em Arquitetura e Urbanismo pela UFMG. É integrante do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e Analista GIS Jr. na GE21 Geotecnologia. Tem experiência e interesse em Geoprocessamento, Infraestrutura Verde e Geodesign.

### **Christian Rezende Freitas**

Doutor em Planejamento Territorial pela Escola de Arquitetura e Urbanismo da UFMG, Mestre em Geografia pelo Instituto de Geociências da UFMG. Geógrafo especialista em Geoprocessamento, atuando no tratamento e na modelagem de dados espaciais para criação de IDE's (Infraestrutura de Dados Espaciais), com ênfase em plataformas de WebGIS e Geodesign.

### **Daniel Ribeiro Cardoso**

Arquiteto e urbanista, professor associado do Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Design da Universidade Federal do Ceará (UFC), doutor em Comunicação e Semiótica pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), pós-doutor em Urbanismo pela Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa (FA-UL) e pesquisador do Laboratório de Experiência Digital (LED/UFC) com a temática CIM - City Information Modelling.

### **Emiliano Cavalcante Teixeira**

Arquiteto, mestrando no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Design na Universidade Federal do Ceará (UFC) com linha de pesquisa em Teoria e História da Arquitetura, do Urbanismo e da Urbanização.

### **Gustavo Macedo de Mello Baptista**

Professor Associado III do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Bacharel em Geografia pela UnB (1994), Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela UnB (1997) e Doutor em Geologia pela UnB (2001). Tem experiência em Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto e em Avaliação Ambiental e Urbana.

### **João Pedro Deodato Barreto**

Graduando em Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal do Ceará (UFC).

### **Joana Pimentel Guedes**

Arquiteta e urbanista pela Universidade Federal do Ceará (UFC), especialista em Arquitetura e Projeto Sustentável pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR), mestranda no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Design na Universidade Federal do Ceará (UFC) com linha de pesquisa em Teoria e História da Arquitetura, do Urbanismo e da Urbanização.

### **Magda Adelaide Lombardo**

Professora Titular do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Desenvolve pesquisas sobre: Clima Urbano, Planejamento Urbano e Geoprocessamento e possui 10 Pós-Doutorados em diversos países. Obteve Graduação em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1972), Mestrado em Geografia, pela Universidade de São Paulo (1978) e Doutorado em Geografia Física pela Universidade de São Paulo (1984), Livre-Docência (1995) na Universidade de São Paulo. Em, 2018, foi Pesquisadora Colaboradora no Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo e Professora Senior na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Concluiu o pós-doutorado na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (2021).

### **Maria do Carmo de Lima Bezerra**

Arquiteta e urbanista, Profa. Titular da UnB, Coordenadora da linha de pesquisa Território, Paisagem e Políticas Urbanas, PPGFAU/UnB, Doutora pela FAUUSP, 1995, Pós doutorado na AAP, Cornell University, EUA, 2009 e ETSAM, Politécnico de Madri, 2019. É líder do Grupo de Pesquisa em Gestão Ambiental Urbana CNPQ/UNB e Pesquisador CNPQ PQ-2.

### **Marcelo Costa**

Licenciado em Geografia (2020) – UFF, com participação no Programa de Mobilidade Internacional na Universidade de Évora - PT; Mestrando em Geografia (Atual) - UNESP, Bolsista CAPES de Mestrado, Membro do Grupo de Pesquisa GEOCART/CNPq e Membro da Comissão de Organização de Eventos - UNESP/IGCE.

### **Morganna Rangel Silva de Oliveira**

Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

### **Newton Célio Becker de Moura**

Arquiteto, Professor da Universidade Federal do Ceará (UFC), Doutor em Arquitetura e Urbanismo na área de Paisagem e Ambiente e Pós-Doutor em Engenharia Hidráulica e Ambiental com tema Landscape Information Modelling (LIM).

### **Nicole Andrade da Rocha**

Professora, arquiteta e urbanista e autônoma. Formada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Juiz de fora (2012), pós-graduada em Arquitetura de Interiores pela UFJF (2014), Mestre em Ambiente Construído pela UFJF/PROAC (2015) e Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela UFMG/NPGAU (2019).

### **Rubens do Amaral**

Arquiteto e Urbanista pela Universidade de Brasília, Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG e, atualmente, Doutorando em Projeto e Planejamento, na linha de pesquisa Paisagem, Território e Políticas Públicas pela Universidade de Brasília - UNB.

### **Tiago Augusto Gonçalves Mello**

Graduando em Arquitetura e Urbanismo pela UFMG, bolsista do Departamento de Urbanismo e integrante do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG. Tem experiência e interesse em Climatologia Urbana e Regional, Geoprocessamento e Geodesign.

### **Tiago Oyan Aguiar**

Tecnólogo em Biocombustíveis (2010) pela Faculdade de Tecnologia de Piracicaba; Engenheiro Cartógrafo (2017) - UNESP de Presidente Prudente; Mestre em Ciências Cartográficas (2019) - UNESP de Presidente Prudente. Atualmente, doutorando em Geografia - UNESP de Rio Claro. Atua como Engenheiro de Projetos Agrícola Corporativo na empresa Raízen.

### **Vitor Hugo Goes Sampaio**

Engenheiro Ambiental e Sanitarista pelo IFCE, com graduação sanduíche na Universitat Politècnica de València (UPV), especialista em Reabilitação Ambiental

Sustentável Arquitetônica e Urbanística pela UnB, mestrando no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Design da UFC, com linha de pesquisa em Planejamento Urbano e Direito à Cidade.

A obra Geodesign no Brasil: Abordagens para o planejamento ambiental urbano, abrange um copilado de trabalhos da ciência Geodesign, realizados em diferentes lugares do Brasil: Regiões Metropolitanas de São Paulo, Campinas, Fortaleza, Brasília e Quadrilátero Ferrífero, bem como Pampulha em Minas Gerais. Estas pesquisas podem contribuir para futuras intervenções urbanas com inclusão dos estudos de geodesign, que podem subsidiar estudos de qualidade de vida e políticas públicas. Este e-book visa apresentar ideias e novos desafios para o planejamento ambiental urbano, levando em consideração o território e cotidiano do cidadão, com um esforço conjunto de ações do desenho urbano e parametrização, e, desse modo, se destina a todos os ramos que estudam a paisagem urbana e seu planejamento, como geógrafos, arquitetos paisagistas e urbanistas, ecólogos, engenheiros e demais leitores que buscam entender mais sobre as cidades e soluções ambientais para adaptações. A leitura dos textos apresentados motiva a refletir sobre o planejamento urbano com ações colaborativas a fim de promover a infraestrutura verde, sequestro de carbono, mitigação da ilha de calor, implementação das superfícies permeáveis visando um maior escoamento superficial, na busca da resiliência urbana, envolvendo a intervenção do uso do solo. O geodesign, propicia uma tomada de decisão cooperativa, destacando as características locais a fim de poder contribuir para tomada de decisões com base na sustentabilidade.

**Magda Adelaide Lombardo**  
Professora Sênior da ESALQ/USP,  
Pesquisadora Colaboradora do IEA/USP,  
Professora Titular da UNESP e  
Professora Dra FFLCH/USP.

