

## **PLATAFORMA SIGA VERDE COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO DE ESPAÇOS VERDES DO CAMPUS DA UFSCAR**

Marquesa Chang<sup>1</sup>  
Vandoir Bourscheidt<sup>2</sup>

Uso da tecnologia para monitoramento ambiental.

### *Resumo*

O presente trabalho busca colaborar com o desenvolvimento da gestão de espaços verdes urbanos através das tecnologias de sistemas de informações geográficas (SIG). Estes espaços impactam na vida da população pelos serviços ecossistêmicos de provisão, contemplação paisagística, contemplação cultural, de regulação da qualidade ambiental e microclima local. Com o mapeamento de áreas disponibilizados na plataforma SIGAVERDE (<https://sigaverde.web.app/map>), o objetivo foi validar o funcionamento desta através do acompanhamento das manutenções em comparação com a verificação dos índices correspondentes ao crescimento da vegetação. O índice de crescimento da vegetação indicado na plataforma voltado para o comportamento da grama de espécie Capim-Bahia, tem o intuito prever o tempo de crescimento e de facilitar o gerenciamento da manutenção/limpeza de uma área ou lote previamente delimitado, prevendo o tempo de desenvolvimento e indicando quando a grama está alta, assim como, permitir que o usuário registre na plataforma quando a manutenção for realizada, otimizando desta os processos de planejamento para uma melhor gestão das áreas verdes públicas, por exemplo. O modelo utilizado simula o crescimento através da medição de alguns estresses ambientais, como, disponibilidade hídrica e radiação, para avaliar o modelo usamos índices de vegetação (NDVI e EVI2) obtidos do satélite *PlanetScope* para estimar o índice de área foliar (LAIP) e comparar este com as saídas do modelo, ao qual retorna valores de LAI e biomassa. Ao final, conclui-se que o modelo se adequa relativamente bem ao cenário real, sendo o índice demonstrado compatível com a variação das condições climáticas de cada área. Apesar de terem ocorridos contratempos na atualização da plataforma, com adequações para o funcionamento de modo operacional, acredita-se que tem muito a contribuir com a administração municipal, agregando eficiência da gestão, participação coletiva dos cidadãos e conservação do meio ambiente.

**Palavras-chave:** Modelo de crescimento das gramíneas; Áreas verdes urbanas; SIGWEB; Gestão Ambiental.

<sup>1</sup> Marquesa Chang (mestrado), UFSCar, Departamento de Ciências Ambientais, [marquesa@estudante.ufscar.br](mailto:marquesa@estudante.ufscar.br)

<sup>2</sup> Prof. Dr. Vandoir Bourscheidt, UFSCar, Departamento de Ciências Ambientais, [vandoir@ufscar.br](mailto:vandoir@ufscar.br)

REALIZAÇÃO



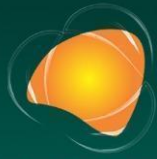
## INTRODUÇÃO

Uma cidade, para ser considerada inteligente, deve se apropriar bem do espaço urbano combinando recursos da inteligência humana, coletiva e artificial, com propósito final de solucionar problemas sociais, econômicos e culturais (CURY; MARQUES, 2017). Seguindo essa definição, pode-se dizer que a cidade inteligente busca o crescimento sustentável, proporcionando maior qualidade de vida para os habitantes, atuando através da gestão de recursos naturais, e da governança participativa com ferramentas de comunicação eficiente (CARAGLIU; DEL BO; NIJKAMP, 2011).

Para o planejamento urbano é importante ter domínio das informações geográficas, incluindo um banco de dados para registrar as características locais, identificação das edificações e localização equipamentos urbanos (escolas, hospitais, transporte público, etc.), com foco em uma distribuição estratégica pela cidade (TEIXEIRA, 1995; SILVA, *et al*, 2017). Mediante a observação do espaço físico de uma cidade, a sua composição heterogênea se torna um objeto interessante de estudo ao pensar na quantidade de interações que podem existir.

O planejamento do espaço físico urbano pode ser dividido em algumas categorias, incluindo as construções habitacionais e institucionais, áreas de integração urbana (arruamento e rodovias) e espaços livres representados por parques, áreas verdes, rios ou outras áreas que cumpram uma função de contemplação, de lazer e ecológica (DE ALMEIDA, 2018). Áreas verdes podem ser definidas como locais com predominância de cobertura vegetal, como praças e parques, ou encontrada também como espaços livres/espacos verdes, seriam os canteiros centrais e rotatórias onde não necessariamente existe uma vegetação eminente (RUBIRA, 2016). Na perspectiva econômica, os espaços livres ou áreas verdes costumam trazer para a região um aumento do valor imobiliário (LUTTIK, 2000). Pois, independente da definição, esses locais necessitam de cuidados e atenção da gestão municipal por contribuir com diversos serviços ambientais, estabilização do microclima, além de trazer benefícios sociais e psíquicos (CHEISURA, 2004).

A geotecnologia para gestão da vegetação já faz parte do cotidiano do campo e agricultura, auxiliando no monitoramento, gerenciamento para aumento da produtividade, redução dos insumos e mão de obra (BASSOI, 2014; LOPES 2022). Tão importante quanto o manejo no campo, é o manejo



das áreas verdes urbanas. Nesse sentido, o trabalho de Escobar-Silva et al. (2022), buscou aplicar um modelo de crescimento da vegetação em áreas urbanas (com foco em gramíneas) com a finalidade de subsidiar a gestão dos espaços verdes urbanos. Apesar dos resultados promissores em relação ao modelo, ainda era necessário viabilizar o uso do modelo proposto de forma efetiva para os agentes públicos e privados, o que foi feito através da plataforma SIGAVERDE (<https://sigaverde.web.app/>), desenvolvida no âmbito do projeto CNPq Universal 2016 (423778/2016-1), ainda em fase de testes e validações.

Com base nisso, o presente trabalho apresenta uma validação da plataforma desenvolvida com base no modelo mencionado, visando a gestão de espaços verdes no Campus da Universidade Federal de São Carlos como área piloto, sobre a qual foi feito o acompanhamento do corte regular da vegetação dentro da plataforma mencionada, buscando fornecer subsídios sobre a adequabilidade da ferramenta para situações reais.

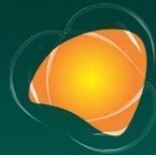
## METODOLOGIA

### ÁREA DE ESTUDO

A Universidade Federal de São Carlos fica localizada no município de São Carlos, cidade localizada na região centro do estado de São Paulo, com abrangência territorial de 1.136,90km<sup>2</sup> e uma densidade demográfica de 224,14 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2022). Pela sua localização, o clima é tropical em relevo de planalto, abrigando originalmente florestas estacionais semidecíduas caracterizadas por ambientes menos úmidos de mata ripária e capoeira (SOARES *et al.*, 2003) com a média de temperatura anual de 21,12°C (CEPAGRI, 2017, p.01). O campus, inaugurado em 1970, possui uma extensão de 645 hectares com cerca de 196 mil metros quadrados construídos. Para o estudo, nos concentramos nas áreas de gramados, presentes nos espaços abertos e entre os prédios, que exigem a manutenção periódica.

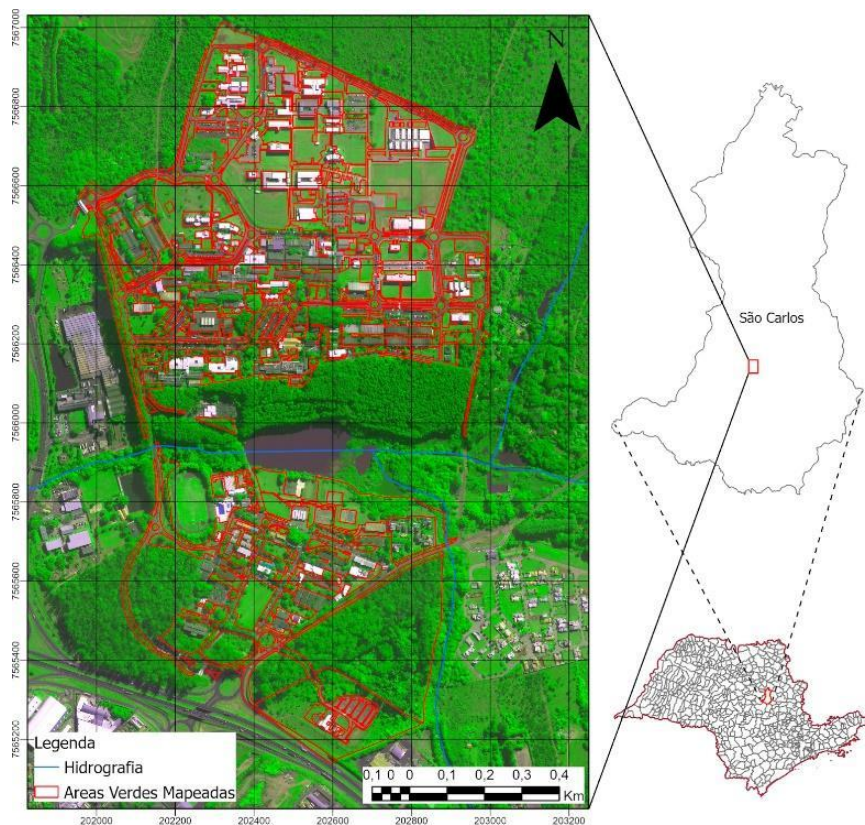
### A PLATAFORMA

As atividades se concentraram na plataforma desenvolvida, a qual oferece diferentes níveis de acesso: usuários gerais, gestores e administradores. Usuários gerais, ao se cadastrarem, conseguem



visualizar áreas previamente mapeadas pela equipe administrativa, que utiliza softwares e ferramentas de geoprocessamento para criar os polígonos referentes às áreas verdes. Esses usuários podem inserir informações básicas sobre cada região (lotes, praças, canteiros e outros), podendo indicar ainda alguma adversidade que necessite de uma manutenção profissional.

**Figura 1: Área de estudo do campus da UFSCar.**

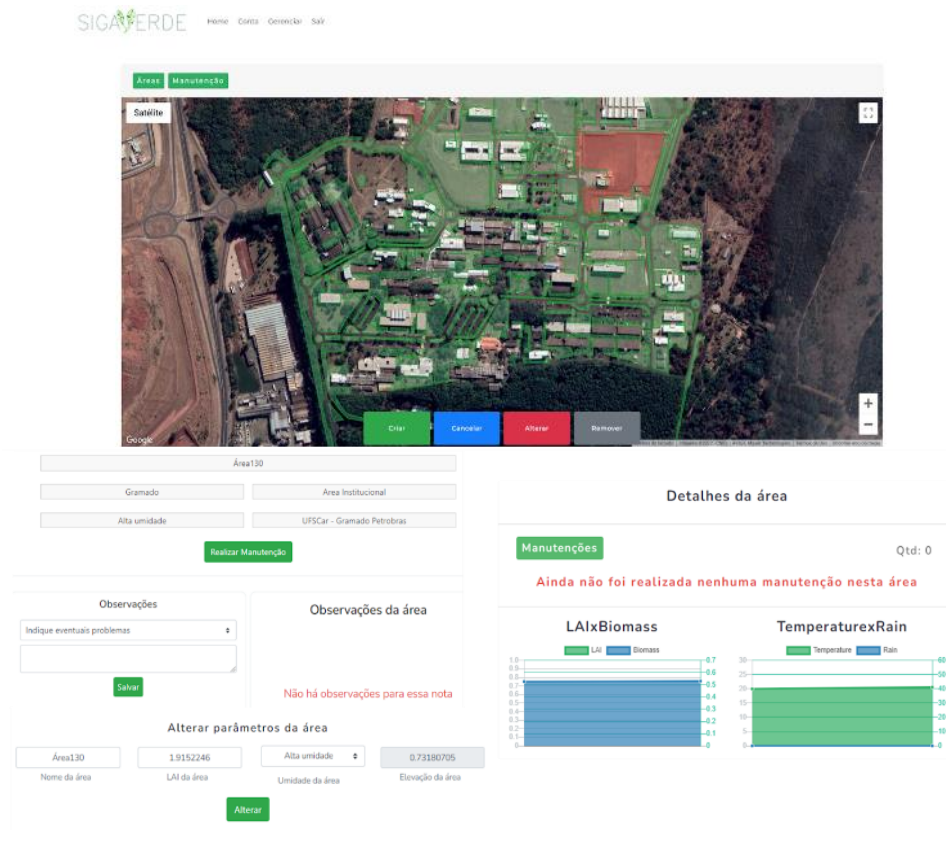


Os usuários gestores têm a capacidade de criar ou editar polígonos e ajustar parâmetros específicos de cada região, como a identificação da área (área pública, particular, etc.), o teor de umidade do solo, que pode variar conforme a altura em relação ao curso de água mais próximo e índice de área foliar (LAI ou *Leaf Area Index*). O LAI é calculado diariamente pela plataforma com base em um modelo de crescimento da vegetação e, à medida que aumenta, as áreas delimitadas alteram gradativamente a cor do verde claro para o verde mais escuro.

Neste processo de manuseio da plataforma, avaliou-se a experiência do usuário, anotando

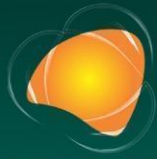
dificuldades com acionamento de funções, atualizações de índices e edição de determinada camada de informação. Com base nessas observações, foram sugeridas melhorias inspiradas em outras plataformas de gerenciamento de vegetação, pensando na acessibilidade de uso para diferentes níveis de usuários.

**Figura 2: Recortes da plataforma, incluindo mapa, parâmetros e os detalhes da área.**



## COLETA DE DADOS

Para o estudo, foi cadastrado um usuário com perfil de gestor na interface da plataforma, visando simular seu uso para planejamento e demarcação de áreas. Essa etapa permitiu registrar a atuação da equipe de manutenção, incluindo corte ou limpeza de áreas, com anotações sobre o período e a extensão das atividades. A coleta de dados foi realizada durante o acompanhamento das atividades de manutenção no campus, registrando as datas de corte dos gramados semanalmente. Paralelamente ao registro manual em planilhas, as mesmas áreas foram demarcadas na interface, permitindo o acompanhamento dos índices de crescimento antes e depois do corte.



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Para uma organização e visualização eficiente, as áreas foram separadas por nome e identificação numérica em lista, e agrupadas de acordo com a sua localização no campus, e as manutenções realizadas em conjunto. As observações foram registradas semanalmente, com intervalos de 3 a 9 dias, e os dados foram armazenados para serem posteriormente inseridos no modelo.

### MODELO DE CRESCIMENTO DA VEGETAÇÃO

O modelo da plataforma foi baseado em modelos pré-existentes, considerando o crescimento sazonal da vegetação, especialmente em função de precipitação e variações de temperatura. O modelo também leva em conta a proximidade de corpos hídricos, onde o crescimento tende a ser mais expressivo. Variáveis específicas foram incorporadas ao modelo, permitindo que cada espécie de vegetação tenha seus próprios parâmetros de crescimento. Para o estudo, foi escolhida a espécie Capim-Bahia (*Paspalum Notatum Flügge*), amplamente cultivada em áreas públicas no Brasil e predominante na área mapeada. Essa espécie requer uma temperatura mínima de 12°C para crescer, com uma máxima de 45°C e uma faixa ideal entre 32°C e 40°C.

O modelo estima o crescimento da planta combinando fatores de estresse ambiental, como temperatura, estresse hídrico e radiação, sem incluir a análise de variações da disponibilidade de nutrientes no solo. Mais detalhes sobre o modelo podem ser encontrados no artigo de Escobar-Silva et al. (2022), e o seu código base está disponível de forma aberta na linguagem Python no perfil [@vandoirb](#) no [GitHub](#) (Bourscheidt et al., 2021).

### AQUISIÇÃO DE IMAGEM

Para validar os resultados do modelo, foram utilizados dados *PlanetScope*, uma constelação de satélites operada pela *Planet Labs*, conhecida pelo fornecimento de imagens da Terra com uma resolução espacial de aproximadamente 3 metros (GSD) nas bandas espectrais do vermelho, verde azul e infravermelho próximo (NIR). Foram adquiridas um total de 49 imagens no período de setembro de 2022 a junho de 2023, sendo selecionadas apenas imagens sem interferência de nuvens para evitar incertezas. As imagens, baixadas em formato TIFF, foram processadas para gerar índices de vegetação (NDVI e EVI2), utilizados posteriormente para estimar o Índice de Área Foliar (LAIP), conforme descrito a seguir.



### MÉTODO DE ANÁLISE

O índice de área foliar (LAI) é uma medida quantitativa que indica a quantidade de folhagem presente em uma área, sendo crucial para avaliar a saúde e o crescimento das plantas. Esse índice pode ser estimado de diferentes maneiras, incluindo a comparação de dados de campo com índices de vegetação, como o NDVI e o EVI2. O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) funciona como um indicador de biomassa fotossinteticamente ativa através da reflectância da banda do infravermelho próximo, variando de -1,0 a 1,0, onde valores positivos indicam a presença de vegetação e valores negativos indicam a ausência (EMBRAPA, 2020). É determinado pela equação:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Já o EVI2 (*Enhanced Vegetation Index 2*) é um índice de vegetação aprimorado, mais sensível à estrutura do dossel e capaz de minimizar os efeitos atmosféricos e a influência do solo. Ele é calculado com base na relação entre as bandas do vermelho e do infravermelho, conforme abaixo:

$$EVI2 = 2.5 \times \frac{NIR - Red}{NIR + 2.4 \times Red + 1}$$

A partir dos índices, pode se determinar o LAIP (*Leaf Area Index Proxy*), que é uma aproximação do LAI com base nas imagens *PlanetScope*, conforme descrito por Escobar Silva *et al.* (2022):

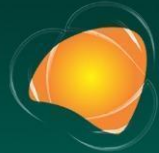
$$LAIP = 3.5743 \times EVI2 - 0.256$$

O LAIP serve como uma alternativa quando a medição direta do LAI não é possível.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ANÁLISE DOS ÍNDICES

Os dados apresentados na Tabela 1 mostram como os valores dos índices variam ao longo dos meses, indicando como as condições climáticas de cada estação influenciam o crescimento da vegetação. Em fevereiro, há uma lacuna nos registros devido à falta de imagens adequadas do satélite *Planet Scope*, causada pela alta cobertura de nuvens.



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Tabela 1: Análise da média dos índices em período mensal.

Área Total					
Mês (2022- 2023)	Média LAI	Média Biomassa	Média NDVI	Média EVI2	Média LAIP
Setembro	0,86	0,04	0,42	0,25	0,67
Outubro	1,05	0,14	0,51	0,32	0,92
Novembro	1,23	0,22	0,49	0,34	0,97
Dezembro	1,34	0,28	0,56	0,35	1,00
Janeiro	1,44	0,35	0,62	0,40	1,17
Fevereiro	1,51	0,41	-	-	-
Março	1,44	0,41	0,55	0,34	0,96
Abril	1,39	0,43	0,67	0,35	1,02
Mai	1,36	0,45	0,54	0,31	0,85
Junho	1,26	0,39	0,51	0,28	0,75

A Figura 3 mostra o crescimento e o decréscimo dos índices ao longo dos meses. Apesar da ausência de dados de imagens em fevereiro, o LAIP segue a tendência do LAI gerado pelo modelo de crescimento de forma quase proporcional, embora com valores médios ligeiramente inferiores. Na área de estudo, os valores menores do LAI podem ser encontrados em períodos mais secos, com vegetação em estado de dormência e locais longe de corpos hídricos, variando de 0,8 até o seu máximo de 2,4 para períodos de alta precipitação e crescimento da grama, especialmente perto de corpos hídricos. A biomassa, outro índice determinado pela plataforma Sigaverde, segue um comportamento semelhante ao LAI variando de zero em períodos de dormência até 1,75 em áreas próximas a bosques e corpos hídricos.

Os valores de NDVI e EVI2 variam proporcionalmente aos valores do LAI e Biomassa, como esperado. Os valores oscilaram entre -0,18 a 0,90, e entre 0,04 e 0,7, para o NDVI e o EVI2, respectivamente. Os valores relativamente mais baixos de EVI2 podem indicar um limiar mais adequado para o LAI, no sentido de impedir a eventual saturação dos valores.

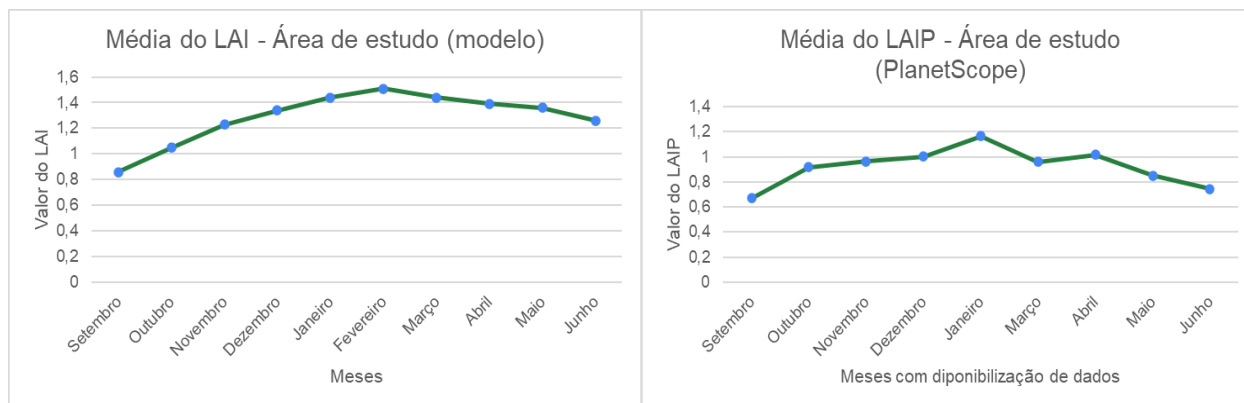
Avançando com a análise, a área de estudo foi separada em duas porções: Norte e Sul. Na área Sul do campus, os índices médios diferem ligeiramente dos da área Norte, conforme mostrado na tabela abaixo. O LAIP varia de 0,78 a 1,37 na área Sul, sugerindo maior densidade de biomassa, possivelmente estimulada pela proximidade com o lago e o bosque (CORRÊA & SANTOS, 2006). Na área Norte, o LAIP varia de 0,50 a 0,87, indicando menor crescimento, sendo uma região com menos arborização e





umidade. Ressalta-se que o comportamento é similar para os índices (NDVI e EVI2).

**Figura 3: Visualização do comportamento do LAI e do LAIP ao longo dos meses.**



**Tabela 2: Análise da média do LAIP entre Área Sul e Área Norte do campus.**

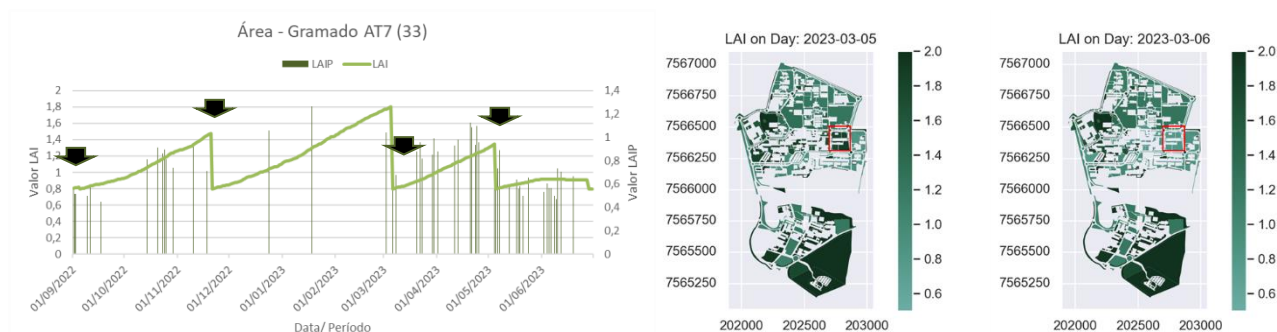
Mês (2022- 2023)	Média LAIP (Área Sul)	Média LAIP (Área Norte)
Setembro	0,78	0,51
Outubro	1,05	0,71
Novembro	1,22	0,84
Dezembro	1,36	0,71
Janeiro	1,37	1,00
Fevereiro	-	-
Março	1,25	0,76
Abril	1,18	0,87
Mai	1,17	0,69
Junho	0,98	0,50

### AMOSTRA DE ÁREA NO CAMPUS

Avaliando uma das áreas analisadas de forma mais específica, denominada como Gramado AT7, que passou por quatro manutenções durante o período de observação, foi notada uma queda no índice LAIP após os cortes registrados no modelo, refletindo a redução da biomassa. Essa diminuição do LAIP ocorreu junto com a queda do LAI, marcando o momento do corte. Na Figura 4, os valores LAIP (em verde escuro) obtidos na imagem acompanham o fluxo do LAI do modelo (em verde claro). Os pontos de declínio abruptos no gráfico coincidem com os períodos de corte registrados no mesmo período. A diferença entre o antes e o depois da manutenção/corte registrado na área é claramente visível na Figura 4 na parte destacada em vermelho, referente a segunda manutenção realizada. Esse padrão pode ser encontrado para a maioria das repartições observadas no campus.



**Figura 4: Visualização do comportamento do LAI e do LAIP ao longo dos meses para o Gramado AT7.**



De modo geral, o LAI do modelo e o LAIP das imagens apresentam tendências similares, com os valores máximos e mínimos refletindo os ciclos de crescimento e dormência. No entanto, deve-se abrir uma observação para algumas limitações: pela escolha do monitoramento ser semanal, pode ocorrer um “atraso” para demarcar áreas que passaram pela manutenção, encontrando o declínio do LAIP com alguns dias de antecedência em relação ao declínio do LAI do modelo.

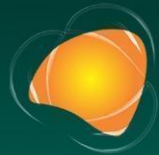
### PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO

Na UFSCar, as manutenções do gramado são realizadas geralmente por regiões, como os arredores de departamento ou canteiros centrais de avenidas. A extensão das manutenções diárias varia conforme os obstáculos no gramado, como árvores, arbustos e a inclinação do terreno. Em áreas com mais vegetação, o corte é feito com um aparador de grama, um equipamento que exige mais tempo e precisão no manuseio. Em terrenos sem obstáculos e com gramados amplos, utiliza-se o cortador de grama dirigível, aumentando a eficiência.

As condições climáticas também influenciam o ritmo das manutenções, especialmente em períodos de chuva, que podem atrasar a atividade do corte. O ciclo de manutenção se inicia na área sul do campus e avança em direção à área norte, com um intervalo estimado de cerca de dois meses para a retornar à manutenção de uma mesma área ou cobrir todas as áreas verdes do campus.

### USO E ACESSIBILIDADE DA PLATAFORMA

A plataforma auxilia os gestores no planejamento urbano e incentiva a participação da população. Para melhorar a usabilidade, sugere-se a inclusão de ícones ilustrativos e a possibilidade de selecionar múltiplos polígonos de manutenção ao mesmo tempo. Em conjunto, a integração de



previsões meteorológicas ajudaria no planejamento das atividades em campo. Além disso, é proposto incluir novas observações, como risco de queda de galhos e obstruções em vias de circulação. Por fim, a plataforma poderia também oferecer informações sobre o descarte adequado de resíduos verdes, promovendo a compostagem ou geração de energia, evitando práticas prejudiciais providos do descarte.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A boa gestão das áreas verdes urbanas traz inúmeros benefícios aos moradores. O modelo implementado no aplicativo ajuda gestores públicos a tomar decisões, monitorando o crescimento da vegetação por meio do Índice de Área Foliar (LAI), que indica períodos de dormência e crescimento das plantas, levando em consideração dados climáticos que afetam a disponibilidade hídrica do solo. Apesar de alguns contratempos encontrados na atualização dos índices, a plataforma é inovadora e acessível, buscando a integração de usuários.

Após testes, foi constatado que o modelo é adequadamente preciso, com o LAI e o LAIP (dados do *Planet Scope*) mostrando tendências proporcionais. Em resumo, o modelo auxilia na otimização da gestão de áreas verdes, reduzindo custos, minimizando impactos ambientais e incentivando a participação da comunidade na conservação dos espaços públicos.

## REFERÊNCIAS

BOURSCHEIDT, V., ESCOBAR-SILVA, E. V. DAUGHTRY, C. S., KINIRY, J. R. (2021). GGrowTools: a grass growth model for urban management (1.0.0-beta). **Zenodo**. 23 July 2021, doi:10.5281/zenodo.5129060.

CARAGLIU, Andrea; DEL BO, Chiara; NIJKAMP, Peter. (2011). Smart cities in Europe. **Journal of urban technology**, v. 18, no. 2, p. 65-82.

CORRÊA, L. de A.; SANTOS, P. M. Irrigação de pastagens formadas por gramíneas forrageiras tropicais. **Circular Técnica**, 48. 2006.

CURY, Mauro José Ferreira; MARQUES, Josiel Alan Leite Fernandes. A cidade inteligente: uma reterritorialização. **REDES: Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 22, n. 1, p. 102-117, 2017

DE ALMEIDA, Juscidalva Rodrigues. Planejamento urbano: uma abordagem sistêmica da interferência das áreas verdes na definição da qualidade de vida. **Paisagem e Ambiente**, n. 41, p. 187-210, 2018.



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

LUTTIK, Joke. (2000). The value of trees, water and open space as reflected by house prices in the Netherlands. **Landscape and urban planning**, 48(3-4), 161-167

RUBIRA, Felipe Gomes. Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espços livres e degradação ambiental/impacto ambiental. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 45, p. 134-150, 2016.

SILVA, G. A. B.; DAVID, P. L. D.; BIANCHI, G. A utilização do SIG para o planejamento urbano. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 10, n. 21, 2017

TEIXEIRA, A. et al. Qual a melhor definição de SIG. **Revista FATOR GIS**, n.11, 1995.

BASSOI, L. H., NAIME, J. D. M., RESENDE, A., INAMASU, R., BERNARDI, A. D. C., JOÃO DE MENDONÇA NAIME, C. N. P. D. I. A., & INAMASU, R. Y. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.** – Brasília, DF: Embrapa, 2014. 596 p.

LOPES, Jerônimo Branco. Tecnologia digital aplicada à gestão rural e ao manejo integrado de pragas. 2022

HENKE-OLIVEIRA, C. Planejamento ambiental na cidade de São Carlos com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e proposta. São Carlos. 1996. 234p. 1996. **Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ecologia).** Universidade Federal de São Carlos.

ESCOBAR-SILVA, E. V., BOURSCHEIDT, V., DAUGHTRY, C. S., KINIRY, J. R., BACKES, A. R., & CHAVES, M. E. (2022). A general grass growth model for urban green spaces management in tropical regions: A case study with bahiagrass in southeastern Brazil. **Urban Forestry & Urban Greening**, 73, 127583.

IBGE (org.). IBGE. **Panorama territorial.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-carlos/panorama>. Acesso em: 29 ago. 2024.

SOARES, J. J.; DA SILVA, D. W.; LIMA, M. I. S. O município de São Carlos, São Paulo, Brasil: vegetação original e situação atual. **Brazilian Journal of Biology**, v. 63, p. 527-536, 2003.

CEPAGRI. Centro de pesquisas meteorológicas e climáticas aplicadas à agricultura. **Clima dos municípios paulistas, 2017.** Disponível em: <https://www.cpa.unicamp.br/cepagri/previsao>. Acesso em: 22 de ago. 2024.