

## **Infraestruturas verdes na promoção de sustentabilidade em campus universitário: Estudo de Caso da Faculdade de Tecnologia da Unicamp**

**Palavras-Chave: Campus Universitários Sustentáveis, UI GreenMetric, Infraestruturas verdes**

**Autores:**

**Dara Lazauskas Guida - Faculdade de Tecnologia, UNICAMP**

**Prof. Dr. Felipe Benavente Canteras (orientador/a) - Faculdade de Tecnologia, UNICAMP**

**Prof. Dr. Vitor Eduardo Molina Junior (co-orientador/a) - Faculdade de Tecnologia, UNICAMP**

### **INTRODUÇÃO**

A sustentabilidade é um conceito muito amplo que ainda hoje está em desenvolvimento. Uma de suas definições é que ela atua na interação entre a vontade de melhoria de vida das pessoas e as limitações que são impostas pela natureza, já outra, diz que a sustentabilidade possui três dimensões, a social, a econômica e a ambiental. A universidade é um ambiente reconhecido como ideal para se estudar e desenvolver práticas de sustentabilidade, podendo antecipar as mudanças e serem proativas com relação a elas (LAUDER *et al.*, 2015).

As universidades são grandes produtoras de pesquisas, as quais podem trazer inovadoras práticas sustentáveis, além disso, sua comunidade é muito diversificada, chegando a ser considerada uma sociedade microcós mica. Essa conscientização ambiental das universidades não traz apenas um ganho no âmbito de pesquisas, mas também na melhoria dos campi, como infraestruturas verdes e currículos sustentáveis, em que mais disciplinas voltadas para o meio ambiente podem ser implementadas (ATICI *et al.*, 2021).

Um campus sustentável é uma instituição que discute, compreende e impulsiona a redução dos efeitos negativos ambientais, econômicos, sociais e de saúde na utilização de seus meios em suas principais funções, auxiliando assim a transição da sociedade para um modo de viver mais sustentável. Contudo, o foco principal dos câmpus sustentáveis é a redução dos impactos ambientais, como gerenciamento de resíduos, utilização de energias sustentáveis ou redução da emissão de gases de efeito estufa. Os primeiros passos de um campus sustentável é ter uma visão consolidada de sustentabilidade, formar um comitê de sustentabilidade que estabeleça e alinhe objetivos, metas e políticas que estejam em sintonia com a missão estabelecida pelo campus, se comunicar com outras universidades para haver troca de suas abordagens sustentáveis e possuir métodos de sustentabilidade que compreenda pesquisa, educação, extensão e operações do campus (TOO, RAJRACHARYA, 2013).

Nesse cenário de campi sustentáveis, surgem ferramentas de avaliação ambiental, que visam mensurar e quantificar a sustentabilidade de um Campus. Essa é uma tarefa bastante complexa, pois muitos parâmetros ou aspectos devem ser considerados e, muitas vezes, são subjetivos e difíceis de parametrizar, contudo o estabelecimento de tais critérios de comparação é o aspecto principal para estabelecimento de propostas de mudanças para adequar a situação atual do campus para realidade mais sustentável.

O UI GreenMetric World University Rankings é uma das ferramentas mais aplicadas e difundidas para avaliação da sustentabilidade de campi universitários, com 956 universidades participantes em 80 países diferentes, conforme acesso em julho/22 no site do sistema (UI GREENMETRIC, 2022). Esse ranking é uma iniciativa da Universitas Indonesia e que atualmente consta de 39 indicadores e 6 categorias: Paisagem e Infraestrutura, Energia e Mudança Climática, Resíduos, Água, Transporte e Ensino e Pesquisa (UI GREENMETRIC, 2021).

A Unicamp participa do ranking UI Green Metric e para os anos de 2019 e 2020 obteve o ranking mundial 80<sup>a</sup> e 100<sup>a</sup>, respectivamente. Nacionalmente, alcançou o posto de 3<sup>a</sup> mais bem ranqueada em 2020 e 4<sup>a</sup> em 2019. Esses dados foram obtidos da página institucional da Universidade e consta na apresentação dos dados de 2019 que os campi de Limeira, Piracicaba e Paulínia não foram considerados já que não haviam dados preparados para este fim. Em 2020 foram considerados todos os campi para o cálculo institucional.

Tendo em vista o cenário exposto, este projeto se propõe a fazer um estudo de caso no Campus I da Unicamp em Limeira, onde estão localizados a Faculdade de Tecnologia (FT - Unicamp) e o colégio técnico COTIL, cujas construções datam das décadas de 70 e 80 do século passado, visando propor alterações dos seus espaços físicos como medidas para promover a sustentabilidade no campus. Entende-se que a questão da readequação das edificações e a necessidade da criação de programas em função das categorias do UI GreenMetric é um aspecto relevante para a criação de diretrizes de planejamento, subsidiando a tomada de decisão pelos atores locais.

O objetivo principal deste projeto é analisar alternativas disponíveis na literatura que possam aumentar a sustentabilidade do campus e propor a reestruturação de espaços físicos da Faculdade de Tecnologia visando a implantação de infraestruturas verdes e a adoção de alternativas sustentáveis, com foco no desenvolvimento das categorias “Ambiente e Infraestrutura”, “Água” e “Energia e Mudanças Climáticas” do ranking UI GreenMetric.

## **METODOLOGIA**

Para o desenvolvimento deste projeto, foi adotado a seguinte metodologia experimental, composta por 6 etapas principais:

Na Etapa 1 foi realizada a revisão de literatura, abordando aspectos conceituais sobre Green Campus, infraestrutura verdes, serviços ambientais, sistemas de ranqueamento de universidades sustentáveis e estudos de casos, utilizando as bases de dados Web of Science, Scopus, Science Direct e Scielo, buscando-se artigos publicados nos últimos dez anos, em periódicos indexados.

O diagnóstico atual da Faculdade de Tecnologia, Etapa 2, foi fundamentado em função das categorias de indicadores “Ambiente e Infraestrutura (SI)”, “Energia e Mudanças Climáticas (EC)” e “Água (WR)”. Alguns dos indicadores relacionados ao Ambiente e Infraestrutura foram obtidos a partir do projeto em ambiente SIG já desenvolvido para o campus (MUNIZ e MOLINA, 2020), como as áreas de cobertura do solo. Para as demais categorias foi tentado o levantamento das informações junto à Secretaria de Administração Regional (SAR) e direção da Faculdade de Tecnologia.

Na Etapa 3, foi realizado o estudo sobre possíveis infraestruturas verdes e sobre os serviços ambientais e ecossistêmicos prestados por cada uma delas, seguindo os parâmetros do GreenMetric. Tal estudo foi utilizado como *background* técnico para a execução da Etapa 4, que consistiu na proposição de alteração e adaptação dos espaços físicos da FT, propondo a implantação de tecnologias sustentáveis que sejam técnica e economicamente viáveis de serem implementadas, visando uma maior sustentabilidade do campus.

A Etapa 5, consistiu na simulação e predição de cenários futuros em função das alternativas escolhidas em ambiente SIG. Por fim, na Etapa 6, a classificação da Faculdade de Tecnologia é recalculada para os indicadores já anteriormente citados do UI GreenMetric World University Ranking apresentadas na Etapa 2, e os ganhos ambientais de cada proposta são apresentados.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As Diretrizes do GreenMetric são publicadas anualmente e contêm uma descrição sobre o ranking, sua criação e seu desenvolvimento, seus objetivos, quem pode participar e os benefícios para os participantes, o que é preciso para que as universidades participem, metodologia de análise das universidades, seus planos futuros e o envio dos dados para análise. Também é apresentado o questionário que detalha as categorias e indicadores (UI GREENMETRIC, 2021).

Seguindo as categorias e indicadores, foi levantado informações sobre tecnologias e alternativas sustentáveis que possam ser implantadas na Faculdade de Tecnologia. Na categoria “Energia e Mudanças Climáticas”, as tecnologias que mais se enquadram com o campus são instalação de placas fotovoltaicas e automação do sistema de lâmpadas e ares-condicionados, para “Água”, as medidas selecionadas foram coleta e uso de água de chuva em edifícios, regulagem dos equipamentos hidrossanitários e priorização de utilização de aparelhos e equipamentos que economizem água, além da criação de projetos e programas de redução de consumo e conscientização se aplicam para ambas as categorias. Já para “Ambiente e Infraestrutura”, foram pesquisadas infraestruturas verdes que possam ser construídas no campus.

Os principais fatores para o consumo de energia em um campus são o tipo de uso do edifício e as atividades desenvolvidas nele e que através do monitoramento inteligente de energia e a geração de energia renovável diversos campi obtiveram uma significativa redução na pegada de carbono. A pegada de carbono está relacionada à sua emissão na fonte geradora, com isso, alterando a forma de produção de energia ou até mesmo diminuindo sua geração, a pegada de carbono diminui. Foram identificadas como principais tecnologias na implementação de um campus inteligente a computação em nuvem, IoT, tecnologia de sensores e móvel, identificação por radiofrequência (RFID) e realidade aumentada (AR). Como benefícios da utilização dessas tecnologias, podemos citar redução de custos operacionais, otimização do consumo de energia e engajamento por parte dos funcionários e alunos em inovações utilizando tecnologias inteligentes (KOURGIOZOU *et al.*, 2019).

O monitoramento da rede elétrica seria uma tecnologia aplicável no campus da FT, visto que poderia ser utilizado para identificar os picos de demanda de energia, para que desta forma possam ser tomadas medidas para reduzir o consumo, localizar os pontos da rede onde se encontram equipamentos com baixa eficiência energética ou em mau funcionamento e melhorar a confiabilidade do sistema.

A implantação de sistemas fotovoltaicos também foi considerada para o campus. Um estudo realizado no Centro de Ciência e Tecnologia do Centro Universitário UNIVATES, Brasil, analisou a eficiência de da implantação de um painel fotovoltaico. Um dos fatores principais é a inclinação do painel e para realizar este dimensionamento, foi utilizado o software PVsyst, que também permite que seja realizada a análise dos dados do painel e o cálculo do ângulo mais apropriado para o local de implantação, de modo a permitir uma maior homogeneidade da radiação incidente ao longo do ano. No estudo foi observada a diminuição de 2 a 5% da incidência durante o verão e um aumento de 20 a 35% nos meses de inverno, aumentando a eficiência do painel no geral. Dessa forma, é importante que a radiação da cidade em que for implementado seja quantificado para avaliar seu potencial de geração de energia solar (AKWAYĚ *et al.*, 2014).

Diversas universidades também usam de programas para alcançar a redução e uso eficiente da energia. A Universidade de São Paulo, por exemplo, alcançou uma economia de 25% na energia por meio do Programa Permanente para Uso Eficiente de Energia Elétrica na Universidade de São Paulo, PURE-USP, que engloba medidas para energia e água (RIBEIRO *et al.*, 2019).

A economia alcançada pelo programa ocorreu por meio da reforma do sistema de iluminação, de campanhas para desligar as luzes e os ares-condicionados em horários que não são utilizados e de sistemas para monitorar o consumo energético. A gestão das faturas e contratos com as concessionárias de energia, de modo a utilizar aquela que apresenta melhor custo/benefício e a elaboração de especificações seguindo os padrões de eficiência energética também tiveram peso para essa economia (USP, 2015).

Sistemas de coleta de água da chuva vêm sendo utilizados cada vez mais pelas universidades como medida de economia de água (BONA, 2020). A água coletada nos edifícios pode ser utilizada apenas para fins não potáveis, como descargas em bacias sanitárias, irrigação, paisagismo, sistemas de resfriamento, lavagem de pisos e veículos e reserva técnica de incêndio. Esse sistema, além de trazer benefícios do ponto de vista ambiental, também traz benefícios econômicos, visto que reduzirá o consumo do sistema de abastecimento (GANDOLPHO, 2021). Contudo, também existem diversas barreiras para sua implantação, como falta de recursos, financiamento e resistência à ideia por parte da comunidade envolvida (BONA, 2020).

A utilização de aparelhos hidrossanitários poupadores de água também é uma medida viável para ser implantada no campus. A utilização desses equipamentos pode trazer tanto ganhos ambientais quanto econômicos, visto que reduzem o consumo de água, diminuindo assim as despesas nesse setor (VALE, 2019).

Deve-se ser levado em consideração que apenas a instalação dos equipamentos não é o suficiente para garantir a redução do consumo de água, de modo que é importante serem instaladas gradativamente, considerando os custos de implementação e a economia gerada (CERRUTI; FURIGO, 2017). O plano de manutenção preventiva dos equipamentos é altamente recomendado, de modo a evitar avarias que possam causar vazamento de água (SANTOS; GONÇALVES, 2019).

As bacias com caixa acoplada são as mais indicadas para economia de água, já que não variam o volume de acordo com o acionamento do usuário, liberando 6 L por acionamento. Ainda nesse modelo é possível utilizar o mecanismo *dual-flush* acoplado à bacia composto por dois botões, sendo um utilizado para o arraste de dejetos sólidos, que permite a descarga completa, enquanto o outro botão é utilizado limpeza de dejetos líquidos, permitindo apenas a liberação de meia descarga, ou seja, 3 L. Foi analisado que a utilização do sistema *dual-flush* em bacias acopladas pode resultar em uma economia de 34% no consumo de água (VALE, 2019).

As torneiras que utilizam sensor de presença detectam a presença das mãos, regulando o tempo de uso, sendo a mais indicada para redução do consumo, podendo atingir até 85% de economia. Porém esse sistema exige manutenção eficiente e estoque de baterias, possibilitando uma troca rápida (VALE, 2019).

Para que a implantação das medidas ocorra de forma eficiente, é importante que a comunidade do campus esteja ciente das mudanças e dos benefícios trazidos por ela. Para isso, campanhas educativas são fundamentais na mudança de hábito dos usuários e podem ocorrer através de palestras, cartilhas e reuniões de conscientização que apresentem o modo correto de utilizar os novos equipamentos e dicas de economia (SANTOS; GONÇALVES, 2019).

Após análise de diversos artigos, foram selecionadas algumas infraestruturas verdes que possuem potencial para implantação no campus da Faculdade de Tecnologia. Jardins de chuva são sistemas de biorretenção de baixo custo e simples manutenção, além de demandar baixa área para implantação. Esses jardins são depressões rasas de terra composto por plantas e microorganismos utilizados para reter parte da água do escoamento superficial proveniente de precipitações, sendo que a água drenada por eles pode ser direcionada a um sistema de microdrenagem. A água armazenada pode ser reutilizada, desde que passe pelo tratamento adequado antes do reuso (SILVA *et al.*, 2018). Os pavimentos permeáveis ou pavimentos porosos possibilitam que a água da chuva infiltre diretamente no solo (SCHROEDER *et al.*, 2022) e reduzem o escoamento superficial. Podem ser utilizados em estacionamentos, calçadas, quintais, vias e parques (ANDREIS, 2018). É importante que a base granular também seja permeável (SCHROEDER *et al.*, 2022).

As biovaletas são canais abertos, projetadas para transportar águas pluviais, possuem vegetação, inclinação suave e são ótimas alternativas aos sistemas de drenagens convencionais. Assim como os jardins de chuva, são capazes de tratar as águas pluviais conforme são transportadas. Normalmente são projetadas para ruas largas, estradas e estacionamentos (CORTEZ; MOURA; MACHADO, 2019). Telhados verdes ou coberturas verdes também são importantes infraestruturas verdes, contudo, além de auxiliar na drenagem urbana também auxilia no conforto térmico da construção, diminuição da poluição do ar e melhoria da qualidade da água (SILVA, 2019).

As coberturas verdes podem ser divididas em três tipos, intensivas, extensivas e semi-intensivas. As extensivas são caracterizadas por vegetação de pequeno porte, constituindo uma estrutura mais leve e mais barata em termos de implantação e manutenção. O substrato possui espessura entre 5 e 10 cm e a manutenção se limita, basicamente, em inspeções anuais a fim de garantir a integridade da estrutura. Não é caracterizado como área de lazer, já que é necessário que não haja circulação de pessoas (BRANDI, 2021).

Os telhados verdes do tipo intensivos possuem grande variedade vegetal, sendo considerado complexo e caro, visto que demanda diversos cuidados, como fertilização e manutenção e irrigação frequentes. Seu substrato varia muito, podendo exceder os 15 cm, o que torna a estrutura mais pesada, retém mais água que a extensiva e possui melhor isolamento térmico e acústico. Já as coberturas verdes semi-intensivas contém elementos de ambas as estruturas, usualmente sendo constituídos de um substrato mais espesso com vegetação de pequeno porte e, mesmo possuindo maior variedade de vegetação e maior manutenção que o extensivo, não são destinados ao lazer, visto que não é permitida a circulação de pessoas, o que torna a estrutura mais leve que as intensivas (BRANDI, 2021).

## CONCLUSÕES

Partindo da revisão da literatura, foram identificadas medidas eficientes e que podem contribuir para uma maior sustentabilidade do campus I de Limeira. Das áreas analisadas no projeto, “Energia e Mudanças Climáticas”, “Água” e “Ambiente e Infraestruturas”, foram encontradas diversas aplicações possíveis, sendo que para “Energia e Mudanças Climáticas” e “Água” foram apresentadas em três categorias, equipamentos, estruturas e programas passíveis de implantação e para “Ambiente e Infraestruturas” foram apresentadas apenas estruturas. Cada proposta foi realizada levando em conta o questionário do GreenMetric, de modo a fazer a pontuação do campus subir após as ações, e também os benefícios ambientais, econômicos e sociais que as propostas trazem ao campus. As pontuações conferidas à FT com o novo cenário proposto serão apresentadas no relatório final deste projeto.

## BIBLIOGRAFIA

AKWAÏ, J. V., KONRAD, O., KAUFMANN, G. V. e MACHADO, C. A.. Evaluation of the photovoltaic generation potential and real-time analysis of the photovoltaic panel operation on a building facade in southern Brazil. **Energy and Buildings**. 2014, v. 69, p. 426-433, Fev. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.007>. Acessado em: 25. Jun. 2022.

ATICI, K. B.; YASAYACAK, G.; YILDIZ, Y.; ULUCAN, A. Green University and academic performance: An empirical study on UI GreenMetric and World University Rankings. *Journal of Cleaner Production*, 291, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125289>.

BONA, S. C.. **Aproveitamento da água da chuva para usos não potáveis no Edifício D do Campus 2 do Politécnico de Leiria**. 2020. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Leiria, Leiria, 2020. Disponível em: [https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/5547/1/Tese\\_Mestrado-Sara\\_Bona\\_com%20corre%C3%A7%C3%B5es\\_formais.pdf](https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/5547/1/Tese_Mestrado-Sara_Bona_com%20corre%C3%A7%C3%B5es_formais.pdf). Acessado em: 12. Jul. 2022.

CERRUTI, J. A. e FURIGO, L. M.. USO DE TECNOLOGIAS NA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NO CAMPUS DAS FACULDADES INTEGRADAS MARIA IMACULADA NA CIDADE DE MOGI GUAÇU. **FOCO: Caderno de Estudos e Pesquisas**. 2017. Disponível em: <http://revistafoco.inf.br/index.php/FocoFimi/article/view/253>. Acessado em: 17. Jul. 2022.

GANDOLPHO, P. P.. **Potencial de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva para Fins Não Potáveis na Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG/UNESP)**. 2021. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2021. Disponível em:

[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/215707/gandolpho\\_pp\\_tcc\\_guara.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/215707/gandolpho_pp_tcc_guara.pdf?sequence=4&isAllowed=y). Acessado em: 12. Jul. 2022.

KOURGIOZOU, V., COMMINS, A., DOWSON, M., ROVAS, D. e MUMOVIC, D. Scalable pathways to net zero carbon in the UK higher education sector: A systematic review of smart energy systems in university campuses. **ELSEVIER**. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117728>. Acessado em: 30. Mai. 2022.

LAUDER, A.; SARI, R. F.; SUWARTHA, N.; TJAHJONO, G. Critical review of a global campus sustainability ranking: GreenMetric. *Journal of Cleaner Production*, 108 part A, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.080>.

MUNIZ, A. L.; MOLINA JUNIOR, V. E. Relatório final de Iniciação Científica-PIBIC : Cidades Inteligentes e Planejamento Sustentável: proposta de aplicação do City Information Modeling para modelagem dos ODS números 6 e 15. 2020.

RIBEIRO, E. N., CARNEIRO, R. L., GALDINO, O. P. S., DURAES, P. H. V., ROCHA, D. M. S. e OLIVEIRA, M. C. Diagnóstico ambiental de um câmpus universitário como estratégia para proposta de práticas sustentáveis. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**. Paraná, v. 11, 2019. DOI: [10.1590/2175-3369.011.e20190029](https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20190029). Acessado em: 25. Jun. 2022.

SANTOS, E. C. e GONÇALVES, K. K. S.. **PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO P.U.R.A. – PROGRAMA DE USO RACIONAL DA ÁGUA NO CAMPUS DE UM CENTRO UNIVERSITÁRIO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE MACEIÓ-AL**. 2019. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) Centro Universitário CESMAC, Maceió, AL, 2019. Disponível em: <https://ri.cesmac.edu.br/bitstream/tede/630/1/PROPOSTA%20DE%20IMPLANTA%20DE%20PROGRAMA%20DE%20USO%20RACIONAL%20DA%20GUA%20NO%20CAMPO%20DE%20UM%20CENTRO%20UNIVERSITARIO%20LOCALIZADO%20NO%20MUNICIPIO.pdf>. Acessado em: 18. Jun. 2022.

TOO, L.; RAJRACHARYA, B. Sustainable campus: engaging the community in sustainability, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 16 No. 1, pp. 57-71, 2015. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-07-2013-0080>

UI GREEN METRIC. UI GreenMetric World University Ranking: Criteria and Indicators. 2021. Disponível em: <https://greenmetric.ui.ac.id/about/criteria-indicator> Acesso em 15. Mai. 2021.

UI GREEN METRIC. UI GreenMetric World University Ranking: Criteria and Indicators. 2022. Disponível em: <https://greenmetric.ui.ac.id/city/berkas/guideline/2022>. Acesso em 27. Jul. 2022.

USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Superintendência do Espaço Físico. **PUERHE**. São Paulo, 2015. Disponível em: [http://www.sef.usp.br/wp-content/uploads/sites/52/2017/02/cartaz2\\_usp\\_sustentavel.pdf](http://www.sef.usp.br/wp-content/uploads/sites/52/2017/02/cartaz2_usp_sustentavel.pdf). Acessado em: 25. Jun. 2022.

VALE, E. R. R.. **SUBSÍDIOS PARA ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE GERENCIAMENTO DA DEMANDA DE ÁGUA EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO**. 2019. 117 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - universidade Federal rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2019. Disponível em: [https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3551/2/%C3%Amele%20RRV\\_MONO.pdf](https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3551/2/%C3%Amele%20RRV_MONO.pdf) Acessado em: 17. Jul. 2022.