

677 – ALTERNATIVAS PARA PROMOÇÃO DE SUSTENTABILIDADE EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO: ESTUDO DE CASO UTILIZANDO PARÂMETROS DO RANKING UI GREENMETRIC

Felippe Benavente Canteras⁽¹⁾

Tecnólogo em Saneamento Ambiental (CESET/UNICAMP), mestre e doutor em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (FEC/UNICAMP), ambos na área de Saneamento Ambiental. Atualmente é Professor Doutor da Faculdade de Tecnologia da UNICAMP, atuando junto aos cursos de Engenharia Ambiental, Tecnologia em Saneamento Ambiental e Engenharia de Transportes, bem como é docente permanente do Programa de Pós-graduação em Tecnologia, na área de concentração em Ambiente.

Dara Lazauskas Guida⁽²⁾

Engenharia Ambiental pela UNICAMP.

Vitor Eduardo Molina Junior⁽³⁾

Engenheiro Civil formado pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Mestre e Doutor em Engenharia Urbana pelo PPGEU/UFSCar. Atualmente é Professor Doutor da Faculdade de Tecnologia/UNICAMP, atuando junto aos cursos de Engenharia de Transportes, Engenharia Ambiental e Tecnologia em Saneamento Ambiental. Também é colaborador no Programa de Pós-graduação em Tecnologia da Faculdade de Tecnologia/UNICAMP.

Endereço^(1,2 e 3): R. Paschoal Marmo, 1888 - Jardim Nova Itália - Limeira – SP – CEP: 13484-332 – Brasil – Tel: +55 19 2113-3339 - e-mail: d214890@dac.unicamp.br.

RESUMO

Os campi universitários são considerados ambientes que incentivam pesquisas, desenvolvem inovações tecnológicas e são fonte de mudanças para a sociedade. Desse modo, a sustentabilidade nesses ambientes tem sido cada vez mais incentivada e, para que essas mudanças nas universidades sejam mensuradas, diversas ferramentas e *rankings* foram criados nos últimos anos e, dentre elas está o *UI GreenMetric*, um *ranking* elaborado pela *University of Indonesia*, Indonésia, em 2010 e que, com o passar dos anos, contou com alta adesão de universidades. A pesquisa visa mensurar a sustentabilidade da Faculdade de Tecnologia da Unicamp em função do *ranking GreenMetric* e propor alternativas, sejam construtivas ou por meio de implementação de programas institucionais, que possibilitem perspectivas mais sustentáveis para o desenvolvimento das atividades no campus, e que possibilitem também um avanço nos índices avaliados no *ranking*. Para o desenvolvimento da pesquisa foi realizado um estudo detalhado visando o entendimento das Diretrizes do *GreenMetric* 2021, no qual foram levantadas as categorias do *ranking* e os cálculos de suas pontuações, assim como uma revisão de literatura, com o objetivo de subsidiar a discussão sobre campi sustentáveis e quais tecnologias ou soluções empregadas poderiam ser consideradas na Faculdade de Tecnologia que podem ser utilizadas para tornar o campus mais sustentável. Diversos artigos foram encontrados sobre o *GreenMetric* e sugestões de tecnologias sustentáveis relacionadas ao *ranking*, contudo essas tecnologias não são bem detalhadas na literatura, assim como sua implementação e a taxa de sucesso e, por esse motivo, foi necessária uma nova busca focada nas tecnologias, a fim de buscar detalhamentos no uso das tecnologias e emprego de programas. O levantamento dos dados atuais da FT foi realizado *in loco*, em bases cartográficas elaboradas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e em documentos oficiais da instituição. Assim, foram propostas as tecnologias sustentáveis mais viáveis para implantação no campus e então foi indicado qual seria o novo diagnóstico seguindo as Diretrizes do *ranking GreenMetric*.

PALAVRAS-CHAVE: Campus Universitário Sustentável, *Ranking* de Sustentabilidade Global, *UI GreenMetric*, Sistemas de Informação Geográficas, Infraestruturas Verdes.

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 novas e 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 campi 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 acórdância 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 um aspecto importante no estabelecimento de propostas de mudanças para adequar a situação atual do campus para uma 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 912 universidades participantes em 84 países diferentes (MARRONE et al., 2018). Esse *ranking* é uma iniciativa da *Universitas Indonesia* e que atualmente consta de 39 indicadores distribuídas em 6 categorias: Paisagem e Infraestrutura, Energia e Mudança Climática, Resíduos, Água, Transporte e Ensino e Pesquisa (UI GREENMETRIC, 2021).

A Unicamp participou do *ranking GreenMetric* e para os anos de 2019 e 2020 obteve o *ranking* mundial 80ª e 100ª, respectivamente. Nacionalmente, alcançou o posto de 3ª mais bem ranqueada em 2020 e 4ª em 2019. Esses dados foram obtidos da página institucional da Universidade e consta que para o ano de 2019 não foram considerados os dados relacionados aos campi de Limeira, Piracicaba e Paulínia. Em 2020, dados de todos os campi foram computados no cálculo institucional, porém, não fica claro quais informações foram utilizadas dos campi externos ao campus central, não sendo possível identificar se todas os indicadores fornecidos e quais categorias foram impactadas por esses dados.

Tendo em vista o cenário exposto, foi realizado um estudo de caso no Campus I da Unicamp em Limeira, onde estão localizados a Faculdade de Tecnologia (FT - Unicamp), o colégio técnico de Limeira (COTIL) e a Secretaria de Administração Regional (SAR), cujas construções datam das décadas de 70 e 80 do século passado, visando propor alterações dos seus espaços físicos e proposição de programas como medidas para promover a sustentabilidade no campus, especificamente para a Faculdade de Tecnologia. Entende-se que a readequação das edificações em função das categorias do *UI GreenMetric* é um aspecto relevante a ser considerado na evolução da sustentabilidade no campus.

O objetivo deste estudo foi propor a reestruturação de espaços físicos e a criação de alternativas sustentáveis para a Faculdade de Tecnologia visando a implantação de infraestruturas verdes, com foco no desenvolvimento das categorias “Ambiente e Infraestrutura”, “Água” e “Energia e Mudanças Climáticas” do *ranking UI GreenMetric*.

OBJETIVOS

O objetivo principal deste projeto é propor alternativas para a reestruturação de espaços físicos da Faculdade de Tecnologia (FT - Unicamp) visando a implantação de infraestruturas verdes e a proposição 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 estudo, foi adotado a seguinte metodologia experimental, composta por 6 etapas principais descritas a seguir:

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 puderam ser obtidos 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 necessário o levantamento das informações junto à Secretaria de Administração Regional (SAR) e Direção da Faculdade de Tecnologia, bem como levantamentos a campo.

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, consiste 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 foram apresentados.

RESULTADOS OBTIDOS

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).

Neste item serão apresentados os resultados obtidos da revisão bibliográfica em relação às tecnologias e programas utilizados em vários estudos de casos. Dentre as tecnologias e alternativas sustentáveis pesquisadas, foi possível identificar as que são mais utilizadas em campus sustentáveis. Dessa forma foi realizada uma revisão bibliográfica mais aprofundada sobre a implantação, custo e benefícios de cada uma destas alternativas, de modo a identificar as mais adequadas para o cenário atual da Faculdade de Tecnologia, dentro das categorias “Energia e Mudanças Climáticas”, “Água” e “Ambiente e Infraestrutura”.

Seguindo as categorias e indicadores, foram levantadas informações sobre tecnologias e alternativas sustentáveis que possam ser implantadas no campus. Na categoria “Energia e Mudanças Climáticas”, as tecnologias que mais se adequam ao campus são a instalação de placas fotovoltaicas e a automação do sistema de lâmpadas e ar-condicionados, enquanto para a categoria “Água”, as medidas selecionadas foram a coleta de água em edifícios, a regulagem dos equipamentos hidrossanitários e a utilização de aparelhos, equipamentos e projetos que economizem água; programas de redução e conscientização se aplicam para ambas as categorias. Já para “Ambiente e Infraestrutura”, foram pesquisadas infraestruturas verdes que possam ser implantadas no campus.

ENERGIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Na categoria “Energia e Mudanças Climáticas”, as tecnologias mais citadas nos artigos foram monitoramento da rede elétrica, instalação de placas fotovoltaicas e automação do sistema de lâmpadas e ares-condicionados.

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 emissão de gases de efeito estufa (GEE) na fonte geradora de energia elétrica. Dessa forma, alterações no modo de produção de energia elétrica ou até mesmo diminuindo seu consumo e, conseqüentemente sua geração, a pegada de carbono diminui. Foram identificadas como principais tecnologias na implementação de um campus inteligente a utilização de computação em nuvem, IoT, tecnologia de sensores e móvel, identificação por radiofrequência (RFID) e realidade aumentada (AR) (KOURGIOZOU et al., 2019).

O conceito de *Smart Grid* define a transformação de uma rede elétrica tradicional em uma rede moderna, que integra inteligência artificial, comunicação, tecnologia da informação, controle automático e processamento de sinais. Com isso surgiu a necessidade de monitorar as redes elétricas (CALIN, 2018).

Contudo, há um forte limitante para a implementação de sistemas inteligentes de energia, que é a ausência de políticas que os regulamente e a diminuta compreensão do valor e da complexidade desses sistemas. Outro fator é a viabilidade comercial, visto que, na maioria das vezes, medidas de baixo custo e retorno rápido são preferidas em relação a medidas que priorizem o ambiente e a sociedade, já que requerem mais tempo e investimento (KOURGIOZOU et al., 2019).

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. Entre as ações mais comuns para a implementação de campus inteligentes estão a utilização de energia renovável e a utilização de medidores e controles inteligentes, geralmente sendo utilizados de forma combinada (KOURGIOZOU et al., 2019).

Na *Tennessee Tech University, USA*, foi desenvolvido um estudo sobre monitoramento de rede, com o intuito de prever a demanda elétrica e solucionar problemas gerados pela qualidade da energia fornecida. No projeto, diversos medidores inteligentes foram distribuídos em três áreas diferentes do campus, os quais utilizaram a rede local - LAN, para comunicar as medições a um servidor central, podendo armazenar os dados para gerar relatórios, caso seja necessário (SULAYMAN; ALOUANI, 2011).

Os aparelhos utilizados foram um medidor inteligente e um módulo de comunicação. Estes equipamentos enviam as informações para um aplicativo que possui diversas funções, dentre as quais se destacam encontrar problemas e solucionar anomalias, análise do consumo de energia determinando padrões de uso, monitoramento de equipamentos como geradores e disjuntores e comunicação sobre equipamentos em mau funcionamento ou com baixa eficiência energética. Nos casos em que a corrente seja muito alta para o medidor, são utilizados transformadores de corrente, evitando que o equipamento seja danificado, além de contar com alarmes para informar quedas bruscas de tensões (SULAYMAN; ALOUANI, 2011).

Em outro estudo, foi ressaltada a importância de um Sistema Supervisório, cuja função é monitorar os dados fornecidos pelos medidores. Esse software possibilita que os dados sejam visualizados e operados por telas gráficas (MORALES et al, 2021). Além dos sistemas de monitoramento e gerenciamento de redes elétricas, outra alternativa amplamente implantada em campi sustentáveis são opções de microgeração de energia, normalmente focadas em geração fotovoltaica. Um estudo realizado no Centro de Ciência e Tecnologia do Centro Universitário UNIVATES, Brasil, analisou a eficiência da implantação de um painel fotovoltaico, com a finalidade de geração própria de energia. Um dos principais fatores para realizar sua implantação 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 que, com o ângulo apropriado das placas, pode haver uma diminuição de 2 a 5% da incidência durante o verão e um aumento de 20 a 35% nos meses de inverno, se comparado a uma inclinação que recebe maior radiação no verão apenas, 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 (AKWAÏ et al., 2014).

Para definir o número de painéis necessários, é importante ter uma estimativa da energia gasta no campus em kWh e o modelo de painel que será utilizado, visto que cada marca possui uma capacidade diferente de geração de energia. Tendo-se a geração por painel diário é possível estimar quantos serão necessários para suprir essa demanda (POÇAS, 2021).

No estudo da UNIVATES os painéis foram alocados em uma varanda e são compostos por dez matrizes fotovoltaicas, compostas por 60 células de silício multicristalino cada, ocupando uma área total de 16,5 m², eficiência de 14,1% e uma estimativa de geração de energia elétrica de 250 a 300 kWh por mês, variando segundo as condições climáticas. A energia gerada é enviada para a rede pública, seguindo a resolução criada em 2012 pela Agência Nacional de Energia Elétrica com fins de regular as condições gerais de acesso da geração distribuída para o sistema de concessão de energia elétrica. O estudo obteve como resultados a geração média mensal de 8 kWh em um mês chuvoso e uma média diária de 11 kWh no geral, concluindo-se que os dias com menos geração de energia foram aqueles com maior índice pluviométrico e menor incidência solar (AKWAÏ et al., 2014).

Sistemas que lançam a energia diretamente na rede são denominados *on-grid* e geralmente não utilizam baterias acopladas para armazenamento da energia, o que acarreta preços mais acessíveis e maior eficiência quando comparados aos sistemas off-grid, ou autônomos, que necessitam das baterias (POÇAS, 2021).

Diversas universidades também usam de programas para alcançar a redução e uso eficiente da energia, sendo estas alternativas de fundamental importância para atingir objetivos sustentáveis no quesito Energia e Mudanças Climáticas do *GreenMetric*. O Programa Permanente para Uso Eficiente de Energia Elétrica na Universidade de São Paulo, PURE-USP, que engloba medidas para energia e água, por exemplo, alcançou uma economia de 25% nos gastos com energia elétrica, havendo inclusive uma grande importância na diminuição dos gastos públicos da Universidade (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).

Programas para tornar os campi inteligentes também vem sendo amplamente estudados. No projeto *Smart Place* da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil, é utilizado um microcomputador e um microcontrolador para controlar os ares-condicionados, para isso são levados em consideração diversos dados, como a quantidade de pessoas no ambiente, temperatura e umidade (AMURIM et al., 2021).

ÁGUA

Para a categoria “Água”, as medidas selecionadas foram coleta de água em edifícios, regulação dos equipamentos hidrossanitários e utilização de aparelhos, equipamentos e projetos que economizem água.

Dentre as medidas sustentáveis utilizadas nos campi, a utilização da coleta de água de chuva está entre as mais adotadas no mundo (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. Mesmo não sendo utilizado para fins potáveis, é importante assegurar a qualidade dessa água e se necessário, a realização de tratamento específico (GANDOLPHO, 2021).

Para assegurar o uso e implantação do projeto, existem algumas normas que devem ser seguidas. A NBR 15.527 dispõe sobre os parâmetros de qualidade mínimos da água, para quase todos os usos, com exceção dos sistemas de resfriamento, a NBR 5.626 é referente a instalações prediais de água fria e a NBR 10.844 referente a instalações prediais de água pluviais (GANDOLPHO, 2021).

A instalação do sistema consiste em uma área de captação, calhas e condutores, equipamento específico para o tratamento da água, filtro ou sistema de descarte da primeira água que pode conter muitos contaminantes e reservatórios. Geralmente, a água é coletada pela cobertura das edificações, contudo essa pode ser uma fonte de contaminação, como sedimentos, matéria orgânica, patógenos e metais (BONA, 2020).

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 podem 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 desses 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. No projeto, é necessário que sejam seguidas as especificações do equipamento, atentando-se à sua destinação e tipo de usuário, devem ser instalados de acordo com as orientações do fabricante e deve haver manutenção adequada quando necessário, tanto preventiva quanto corretiva, além de selecionar os equipamentos com maior durabilidade (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).

Um estudo realizado na Universidade Federal de Campina Grande, Brasil, aponta que cerca de 63% do consumo total de água na universidade é proveniente de bacias sanitárias e cerca de 26% de torneiras (VALE, 2019). Já o estudo realizado nas faculdades Integradas Maria Imaculada, Brasil, aponta que cerca de 55% do consumo total de água no campus é de origem de bacias sanitárias (CERRUTI; FURIGO, 2017). Desse modo fica evidente que o desperdício de água é gerado principalmente por essas bacias, sendo apontados como os principais equipamentos a serem trocados em ambos os estudos.

Existem diversos mecanismos para descarga de bacias sanitárias, dentre os mais utilizados estão as válvulas de descarga embutida e as caixas de descarga acopladas. As bacias mais antigas são as responsáveis pelo maior consumo de água, sendo utilizado uma média de 18 L por acionamento, podendo variar de acordo com o tempo de acionamento do usuário, os modelos mais atuais são fabricados para usar o volume de 6 L por acionamento, mas ainda dependendo do tempo de acionamento do usuário (VALE, 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 podem ser encontradas de diversas formas também, contudo serão analisadas apenas as de fechamento automático e por sensor de presença. Torneiras de fechamento automático evitam que as torneiras não sejam fechadas ou que fiquem pingando, contudo, é importante que ela seja programada da forma correta, sendo que seu ciclo deve estar entre 4 e 10 segundos, possuir volume máximo por ciclo de 1,2 L e vazão mínima de 0,4 L/s. Desse modo, é possível obter maior eficiência, evitando a necessidade de diversos acionamentos ou que fique acionada após o término do uso (VALE, 2019).

As que utilizam sensor de presença detectam a aproximação 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 essa implantação seja avaliada economicamente é necessário a realização do cálculo de *payback*, de modo a estimar em quanto tempo haverá retorno do projeto. No estudo realizado nas Faculdades Integradas



Maria Imaculada, Brasil, o período de retorno não se mostrou muito atrativo, contudo os ganhos ambientais tornaram o projeto mais relevante (CERRUTI; FURIGO, 2017).

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 suprem essa necessidade e auxiliam na mudança de hábito dos usuários através de palestras, cartilhas e reuniões de conscientização que apresentam o modo correto de utilizar os novos equipamentos e dicas de economia (SANTOS; GONÇALVES, 2019).

AMBIENTE E INFRAESTRUTURA

Existem diversos tipos de infraestruturas verdes e, para a categoria “Ambiente e Infraestrutura”, foram escolhidas as que seriam mais viáveis para implantação na faculdade de Tecnologia.

Algumas infraestruturas verdes são responsáveis pelo auxílio ao sistema de drenagem urbana, como jardins de chuva, pavimentos porosos e biovaletas (ANDREIS, 2018). Elas podem ser divididas em duas, estruturais, que necessitam de obras de engenharia e não estruturais, que usam medidas naturais para auxiliar na diminuição do escoamento (SILVA et al., 2018).

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 microrganismos 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). Devido a atividade biológica dos microrganismos e das plantas, parte dos poluentes presentes nas águas pluviais já são removidos antes do armazenamento. Para seu dimensionamento é necessário que a demanda momentânea deve ser atendida (ANDREIS, 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 que, além de auxiliar na drenagem urbana, contribuem com o 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 contêm 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).

ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

PROPOSTAS PARA O CAMPUS E SITUAÇÃO ATUAL NA CATEGORIA ENERGIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Dentre as tecnologias apresentadas, o monitoramento de rede e os programas são os que mais se enquadram para implantação no campus da FT.

O monitoramento da rede elétrica teria grande importância no campus pois poderiam ser identificados 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 porcentagem de aparelhos energeticamente eficientes no campus é um dos indicadores do *GreenMetric* e, quanto maior a porcentagem que o campus possui com relação aos equipamentos comuns, maior pontuação será obtida no critério.

Já para programas, existem diversos tipos diferentes que podem ser desenvolvidos e podemos citar alguns que pontuam no *ranking*. O campus pode desenvolver programas de redução de gases de efeito estufa, principalmente relacionados ao uso de veículos com uso de combustíveis. Neste sentido, a criação de campanhas de conscientização e campanhas de incentivo ao uso de bicicletas, ou à criação do “Dia sem carro” podem ser bastante eficientes, além de campanhas de incentivo à caronas e uso compartilhado de carros entre estudantes, professores e funcionários. Outra opção neste quesito é a alteração da fonte de energia elétrica do campus, através da microgeração de energia com uso de células fotovoltaicas, podendo a universidade aderir ao mercado livre de energia. Outra opção de programas são aqueles voltados para as mudanças climáticas.

Essas propostas podem, além de pontuar nessa categoria, também podem ser consideradas na categoria de “Educação e Pesquisa”, isto porque o envolvimento de alunos na organização de projetos sustentáveis é um dos indicadores dessa categoria. Seria possível que os alunos de todos os cursos do campus desenvolvessem projetos de monitoramento da rede elétrica e programas de eficiência energética relacionados à sua área, desde que acompanhados por monitoria especializada dos professores.

Já para a implantação de placas fotovoltaicas para geração de energia, seria necessário um estudo mais aprofundado, levando em consideração a demanda energética, para que desse modo seja possível dimensionar o número de placas e determinar os locais de alocação das placas no campus. Uma das alternativas seria utilizar as coberturas dos edifícios existentes, porém para isso faz-se necessário um estudo para verificação da capacidade das estruturas em suportar as solicitações das placas, além dos impactos sociais que ela causa à vizinhança imediata.

Na Tabela 1 são apresentados os cenários atual e futuro do campus FT da Unicamp, considerando a implantação das proposições desta pesquisa. Pode-se observar que as alterações propostas podem alterar as pontuações nos indicadores EC3, EC7, EC9 e EC10, com um aumento total de 175 pontos no *ranking*.

É importante levar em consideração que o número de programas de redução de gases de efeito estufa e programas inovadores em energia e mudanças climáticas podem aumentar com o tempo, tendo-se estimado um projeto por categoria para implantação.

Tabela 1: Cenário atual e futuro da FT para a categoria Energia e Mudanças Climáticas

Energia e Mudanças Climáticas					
Indicadores		Item	Pontuação Atual	Item	Pontuação Prevista
EC1	Uso de aparelhos energeticamente eficientes	3	100	3	100
EC2	Implementação de edifícios inteligentes	1	0	1	0
EC3	Número de fontes de energia renovável no campus	1	0	2	75
EC4	Uso total de eletricidade dividido pela população total do campus (kWh por pessoa)	5	300	5	300
EC5	A proporção da produção de energia renovável dividida pelo uso total de energia por ano	1	0	-	0
EC6	Elementos da implementação de edifícios verdes refletidos em todas as políticas de construção e renovação	1	0	1	0
EC7	Programa de redução de emissões de gases de efeito estufa	1	0	2	50
EC8	Pegada de carbono total dividida pela população total do campus (toneladas métricas por pessoa) *	-	-	-	-
EC9	Número do(s) programa(s) inovador(es) em energia e mudanças climáticas	1	0	2	25
EC10	Programa(s) universitário(s) de impacto sobre as mudanças climáticas	1	0	2	25
Total			400		575

Fonte: Autores.

PROPOSTAS PARA O CAMPUS E SITUAÇÃO ATUAL NA CATEGORIA ÁGUA

Nessa categoria, pode-se afirmar que as tecnologias que mais se enquadram ao campus são a troca e regulação de aparelhos hidrossanitários, a implantação de programas para economia de água e a coleta de água da chuva.

Foi observado que em muitas universidades, à medida que mais apresentou economia ou redução no consumo de água foram as substituições da tecnologia utilizados nos aparelhos hidrossanitários. Atualmente no campus, a maioria dos dispositivos de descarga de bacias sanitárias são do tipo válvulas de descarga embutida, sendo cerca de 78% e as torneiras do tipo automático, sendo aproximadamente 77%. A Figura 1 indica as localizações dos banheiros no campus e a Figura 2 mostra os atributos criados para modelagem em ambiente SIG, que para esta pesquisa foi utilizada plataforma do ArcGis Pro, informando a quantidade, tipos de bacias sanitárias e equipamentos hidrossanitários encontrados nos banheiros da FT.



Figura 1: Localização dos banheiros na Faculdade de Tecnologia da Unicamp.

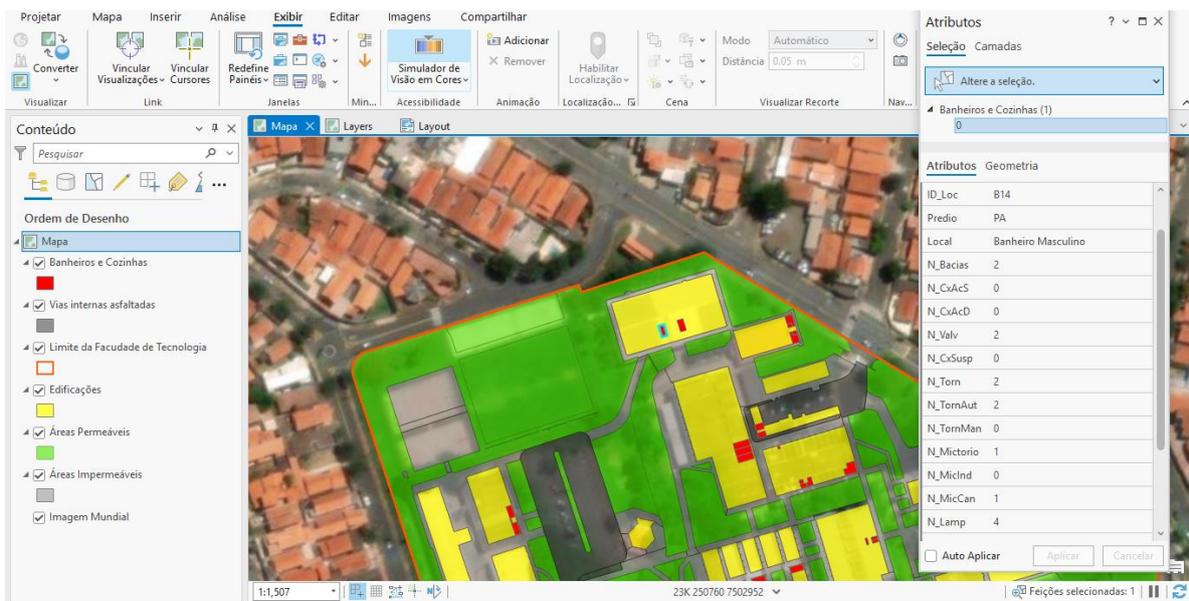


Figura 2: Inserção de dados no SIG.

Segundo o levantamento bibliográfico, os dispositivos mais indicados para utilização em banheiros nos *campi* são as bacias de caixa acoplada *dual-flush* e as torneiras com sensor de presença. Para implantar essas modificações seria muito importante realizar o cálculo do *payback*, levando em conta o custo dos novos dispositivos e a da mão de obra para o projeto. Além de gerar diversos benefícios para o campus, essa medida pode aumentar a pontuação da universidade no *GreenMetric*, considerado no indicador “Uso de aparelhos com eficiência de água”.

É importante que esse projeto de alteração de dispositivos hidrossanitários seja acompanhado de projetos de conscientização de economia de água, de modo a sensibilizar a comunidade do campus sobre sua importância. Programas que incentivam a conservação de água também agregam na pontuação do *ranking*.

A coleta de água da chuva se enquadra no indicador de programas de conservação de água. Para ser pontuado, é importante que seja realizado um estudo de viabilidade e a medição do potencial de escoamento superficial para o campus, a fim de se conhecer qual o volume desse escoamento será coletado. Para a implantação dessa tecnologia foi observada a disponibilidade de espaço sobre os telhados do campus (pavilhões das salas de aulas e prédio da biblioteca). É importante que as normas para implantação do sistema sejam estudadas e seguidas.

Na Tabela 2 são apresentados os cenários atual e futuro do campus FT da Unicamp, considerando as proposições da pesquisa. Pode-se observar que as alterações propostas podem alterar as pontuações nos indicadores WR1, WR2 e WR3, com um aumento total de 200 pontos no *ranking*.

Para os indicadores WR1 e WR2, foi estimado que estarão na categoria 2 que são a fase de preparação, contudo é previsto que essa categoria mude em um curto espaço de tempo para a categoria 3 (1 - 25% implementado).

Tabela 2: Cenário atual e futuro da FT para a categoria Água

Água					
Indicadores		Item	Pontuação Atual	Item	Pontuação Prevista
WR1	Programa e implementação de conservação de água	1	0	2	50
WR2	Implementação do programa de reciclagem de água	1	0	2	50
WR3	Uso de aparelhos com eficiência de água	3	100	5	200
WR4	Consumo de água tratada	5	200	5	200
WR5	Controle de poluição da água na área do campus	1	0	1	0
Total			300		500

Fonte: Autores.

PROPOSTAS PARA O CAMPUS E SITUAÇÃO ATUAL NA CATEGORIA AMBIENTE E INFRAESTRUTURA

Todas as tecnologias encontradas para a categoria “Ambiente e Infraestrutura” são aplicadas ao campus e pontuam no *ranking GreenMetric* no indicador “Área total do campus para absorção de água além da floresta e vegetação plantada”, além de pontuarem na categoria “Água”, no indicador “Programas e implementação de conservação de água”.

As calçadas e os estacionamentos podem ser reformados para serem feitos de pavimentos permeáveis, visto que o campus possui uma vasta área de calçadas e estacionamentos, aproximadamente 17,4 m². A partir dessa mesma lógica, as biovaletas teriam uma grande área onde poderiam ser implantadas.

Para a implantação dos telhados verdes, seria indicado a utilização dos telhados verdes extensivos, visto que são menos pesados que as demais estruturas, além da consideração da idade dos edifícios da Faculdade de Tecnologia; contudo ressalta-se a importância e necessidade de um estudo de viabilidade que avalie o peso das estruturas e a capacidade de suporte dos edifícios.

Na Tabela 3 são apresentados os cenários atual e futuro do campus FT da Unicamp, considerando que as proposições deste estudo sejam implantadas. Pode-se observar que as alterações propostas podem alterar as pontuações nos indicadores SI3 e SI4, com um aumento total de 100 pontos no *ranking*.

A área do campus com vegetação plantada irá aumentar com as propostas deste estudo, contudo, como esse indicador já possui pontuação máxima, não adicionou na somatória final dos pontos. Contudo o implemento de infraestruturas verdes nos locais onde há pavimento e calçadas, o indicador alcança a pontuação máxima para o item.

Tabela 3: Cenário atual e futuro da FT para a categoria Ambiente e Infraestrutura

Ambiente e Infraestruturas					
Indicadores		Item	Pontuação Atual	Item	Pontuação Prevista
SI1	A razão entre a área de espaço aberto e a área total:	3	100	3	100
SI2	Área total do campus coberta por vegetação florestal	1	0	1	0
SI3	Área total do campus coberta por vegetação plantada	5	200	5	200
SI4	Área total do campus para absorção de água além da floresta e vegetação plantada	1	0	5	100
SI5	A área total de espaço aberto dividida pela população total do campus	2	50	2	50
SI6	Porcentagem do orçamento da universidade para esforços de sustentabilidade	1	0	1	0
SI7	Percentual das atividades de operação e manutenção do edifício no período de um ano	1	0	1	0
SI8	Instalações do campus para deficientes, necessidades especiais e/ou cuidados de maternidade	5	100	5	100
SI9	Segurança e instalações de segurança	3	50	3	50
SI10	Instalações de infraestrutura de saúde para o bem-estar de estudantes, acadêmicos e funcionários administrativos	3	50	3	50
SI11	Conservação: plantas (flora), animais (fauna) e vida selvagem, recursos genéticos para alimentação e agricultura garantidos em instalações de conservação de médio ou longo prazo	1	0	1	0
Total			550		650

Fonte: Autores.

CONCLUSÕES

Tendo em vista as tecnologias sustentáveis apresentadas no estudo, as que melhor se enquadram no cenário da Faculdade de Tecnologia da UNICAMP são monitoramento da rede elétrica e a criação de programas de redução de emissão de gases do efeito estufa e de inovação de energia e mudanças climáticas para a categoria “Energia e Mudanças Climáticas”, troca e regulagem de aparelhos hidrossanitários, coleta de água de chuva e implantação de programas de economia para a categoria “Água” e telhados verdes, jardins de chuva, pavimentos permeáveis e biovaletas para a categoria “Ambiente e Infraestrutura”. Somando o acréscimo gerado pelas medidas propostas no estudo nas três categorias, o campus poderia aumentar cerca de 475 pontos, com potencial de aumento conforme a porcentagem de implantação cresce.

O monitoramento da rede elétrica pode identificar picos de demanda de energia, o que auxilia na redução do consumo de energia, visto que facilitaria a localização dos lugares ou equipamentos com maior demanda energética no campus. Os programas que mais se enquadram na realidade atual do campus são redução de gases de efeito estufa e campanhas de conscientização.

A substituição de aparelhos hidrossanitários apresentou melhores resultados na revisão de literatura, sendo bacias de caixa acoplada *dual-flush* e torneiras com sensor de presença as mais eficientes, contudo, para a realização da substituição seria necessário um estudo de *payback*. Além desse estudo é recomendável que a medida seja acompanhada por projetos de conscientização para que a comunidade seja sensibilizada e tenha consciência da importância da economia de água. Já a coleta de água da chuva necessitaria de um estudo de viabilidade e do potencial de escoamento superficial no campus, assim como o estudo das normas para sua implantação.

Aas tecnologias para a categoria “Ambiente e Infraestrutura” podem ser variadas devido à grande área externa do campus, composta pelo estacionamento, calçadas e áreas verdes, os quais podem comportar pavimentos permeáveis e biovaletas. Já os telhados verdes precisariam de um pouco mais de atenção, visto que os prédios são antigos e precisam de um estudo para verificar se comportam a estrutura sobre eles, sem comprometer a segurança do edifício.

O SIG foi utilizado para mapeamentos dos recintos e identificação dos aparelhos hidrossanitários do campus e agrupá-los por tipo (bacias sanitárias e torneiras) e acionamento, onde ficou evidenciado que aproximadamente 78% dos dispositivos de descarga de bacias sanitárias são do tipo válvulas de descarga embutida e cerca de 77% das torneiras são do tipo automático. A ferramenta também foi importante para a obtenção de dados para a categoria “Ambiente e Infraestrutura”, no qual foram obtidas as áreas de estacionamento, calçadas, verdes e edificadas. Esta ferramenta é relevante para sistematização das informações que possuem localização, com potencial de utilização no gerenciamento de dados espaciais.

Segundo as definições de sustentabilidade apresentados, podemos concluir que o ranking *UI GreenMetric* abrange diversas questões sustentáveis. Dentre os indicadores abordados no *ranking* pode-se identificar a redução de impactos negativos ambientais, sociais e econômicos, conceitos sustentáveis, como a melhoria da qualidade de vida das pessoas e incentivo às pesquisas que resultem em ações ou resultados sustentáveis. Com isso é possível afirmar que o *ranking* não deve ser considerado apenas como uma ferramenta de indicadores comparativos entre universidades, mas como uma forma de promover reflexões e ações que garantam melhores condições de sustentabilidade nos campi.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AFONSO, H. S. P.. ANÁLISE QUALITATIVA DOS SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL NO BRASIL: APLICABILIDADE E EFETIVIDADE DOS SISTEMAS LEED, AQUA-HQE E FATOR VERDE COMO FERRAMENTAS PROMOTORAS DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL. 2019. 101 f. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/52111/1/2019_tcc_hspafonso.pdf. Acessado em: 18. Jul. 2022.
2. AKWAYĚ, 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.
3. AMURIM, A. D. T., SILVA, J. I. M., ORTIZ, M. D., REGO, P. A. L. e SOUZA, J. N.. Uma solução de IoT baseada no FIWARE para gerenciamento de recursos energéticos e serviços acadêmicos em um campus universitário. SBC OPENLIB. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5753/courb.2021.17119>. Acessado em: 25. Jun. 2022.
4. ANDREIS, F.. ANTEPROJETO DE INFRAESTRUTURA VERDE E RECONFIGURAÇÃO PAISAGÍSTICA DA ÁREA DOS LAGOS DO ZOOLOGICO NO CAMPUS DA UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL - UCS. 2018, f. 145. Dissertação (Mestrados em Engenharia e Ciências Ambientais) - Universidade de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/3839>. Acessado em: 25. Jul. 2022.
5. 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>.
6. 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_MestradoSara_Bona_com%20corre%C3%A7%C3%B5es_formais.pdf. Acessado em: 12. Jul. 2022.
7. BRANDI, T. C.. Proposta de telhado verde e aproveitamento de águas pluviais no bloco 5 da UNESP, campus de Guaratinguetá. 2021. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, São Paulo. 2021. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/234535/brandi_tc_tcc_guara.pdf?sequenc e=4&isAllowed=y. Acessado em: 25. Jul. 2022.
8. CALIN, G. S.. AMPLIAÇÃO DE FUNCIONALIDADES DE UNIDADE DE MEDIÇÃO FASORIAL SINCRONIZADA DE BAIXO CUSTO NO MONITORAMENTO DA REDE ELÉTRICA A NÍVEL DE DISTRIBUIÇÃO. 2018. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Computação) - Departamento Acadêmico de Informática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/14609>. Acessado em: 25. Jun. 2022.

9. CAMPOS, M. A. e FERRÃO, A. M. A.. ENGENHARIA DE EMPREENDIMENTOS SUSTENTÁVEIS: CLASSES DE USO E NÍVEIS DE CERTIFICAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS CERTIFICADOS NO ESTADO DE SÃO PAULO. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil. 2018, v. 14, n. 1, p. 191-203, Jan./Jun. 2018. DOI: 10.5216/reec.V14i1.44803. Acessado em: 18. Jul. 2022.
10. 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.
11. CORTEZ, R. M., MOURA, N. C. B. e MACHADO, C. O. J.. ANÁLISE DO DESEMPENHO DAS MELHORES PRÁTICAS DE MANEJO PARA CONSTITUIÇÃO DE CORREDORES VERDES EM FORTALEZA-CE. Paisagem e Ambiente: Ensaios. 2019, v. 30, n. 43, 2019. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.paam.2019.146647>. Acessado em: 25. Jul. 2022.
12. FARIA, A. J. e SIQUEIRA, E. G.. Análise de um empreendimento certificado com o Selo Ambiental Casa Azul Caixa. Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas. 2015, v. 1, n. 1, Out. 2015. Disponível em: <https://periodicos.unis.edu.br/index.php/textosparadiscussao/article/view/203/195>. Acessado em: 18. Jul. 2022.
13. 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. Acessado em: 12. Jul. 2022.
14. KOURGIOZOU, V., COMMIN, 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.
15. LAUDER, A.; SARI, R. F.; SUWARTHA, N.; TIAHJONO, 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>.
16. MARRONE, P.; ORSINI, F.; ASDRUBALI, F.; GUATTARI, C. *Environmental performance of universities: Proposal for implementing campus urban morphology as an evaluation parameter in Green Metric*. Sustainable Cities and Society, v 42, 226 – 239, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.07.012>.
17. MORALES, F. P., SOUZA, D. A., VIANA, J. F. R. e TONIETO, M. T.. DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO E MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO A PLATAFORMA ESP32. Revista de Tecnologia da Informação da Faculdade Lourenço Filho. Fortaleza, v. 2, n. 1, p. 01-20, Jan./Jun. 2021. Disponível em: <http://177.22.33.164/index.php/Tecnologia/article/download/26/17>. Acessado em: 25. Jun. 2022.
18. 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.
19. OLIVEIRA, M. L. e RUPPENTHAL, J. E.. CERTIFICAÇÃO LEED: O INCREMENTO DA INOVAÇÃO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO EM RELAÇÃO A SUSTENTABILIDADE. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering. 2020, Florianópolis, v. 12, n. 23, p. 17- 31, 2020. Disponível em: <https://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/v12n2203/ARTIGO%20>. Acessado em: 18. Jul. 2022.
20. POÇAS, C. C. C.. ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE ENERGIA SOLAR TÉRMICA E FOTOVOLTAICA NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO EM RIO VERDE-GO. 2021. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2021. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/1840/1/tcc_%20Carla%20Po%20c3%a7as.p df. Acessado em: 25. Jun. 2022.
21. 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. Acessado em: 25. Jun. 2022.
22. 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%C3%87%C3%83O%20DO%20P.U.R.A.%20e2%80%93%20PROGRAMA%20DE%20USO%20RACIONAL%20DA%20C3%81GUA%20NO%20CAMPO%20DE%20UM%20CENTRO%20UNIVERSIT%C3%81RIO%20LOCALIZADO%20NO%20MUNICIPIO.pdf>. Acessado em: 18. Jun. 2022.
23. SCHROEDER, A., IMHOF, A. W., PINHEIRO, W. C., MAINES, A. e RIFFEL, E. Pavimentos drenantes: estudo sobre peças de concreto permeável do tipo Paver intertravado poroso. *Brazilian Journal of Development*. 2022, Curitiba, v. 8, n. 7, p. 50.525-50.538, Jul. 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n7-121. Acessado em: 25. Jul. 2022.
24. SILVA, J.S.. PRINCIPAIS APLICAÇÕES DOS TELHADOS VERDES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA. 2019. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, Pernambuco. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/44421/1/SILVA%2c%20Joyce%20Soares%20da.pdf>. Acessado em: 25. Jul. 2022.
25. SILVA, M. R. V., LIMA, A. B. P., SANTOS, E. R e GONZAGA, G. B. M.. JARDINS DE CHUVA: TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS PARA SISTEMAS DE DRENAGEM. *Cadernos de Graduação: ciências exatas e tecnologias*. 2018, Alagoas, v. 14, n. 1, p. 13-20, Nov. 2018. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/6073/3099>. Acessado em: 25. Jul. 2022.
26. SULAYMAN, U. e ALOUANI, A. T.. Smart Grid Monitoring using Local Area Sensor Network. *Real-Time Data Acquisition, Analysis and Management. Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE*. 2011. DOI: 10.1109/SECON.2011.5752983. Acessado em: 11. Jun. 2022.
27. 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>
28. UI GREEN METRIC. *UI GreenMetric World University Ranking: Criteria and Indicators*. 2021. Disponível em: <https://GreenMetric.ui.ac.id/about/criteria-indicator> Acesso em 15/05/2021.
29. 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. Acessado em: 25. Jun. 2022.
30. 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%8Amele%20RRV_MONO.pdf. Acessado em: 17. Jul. 2022.