

Sustentabilidade hídrica de *campi* universitários

Water sustainability of university campuses

Sostenibilidad hídrica de los campus universitarios

Mateus Ricardo Nogueira Vilanova

Professor Doutor, UNESP, Brasil.
mateus.vilanova@unesp.br

Vinícius Gabriel de Oliveira

Engenheiro Civil.
vnicius.oliveira.vgo@gmail.com

RESUMO

Este trabalho explora as práticas de sustentabilidade hídrica propostas e implementadas em universidades de destaque acadêmico no exterior, a partir da análise de seus planos de gerenciamento hídrico e/ou de sustentabilidade, e outros documentos relacionados. É apresentado um panorama dos objetivos, das práticas (tecnologias, métodos, ações) e resultados obtidos a partir dos projetos e programas de sustentabilidade hídrica das universidades selecionadas. Os programas e ações de sustentabilidade hídrica em *campi* universitários estão divididos em duas grandes áreas: (1) conservação e redução do uso da água, e (2) gestão sustentável de águas pluviais. A coleta de dados sobre o uso da água é uma ação com destaque na maioria dos documentos consultados, bem como a instalação de dispositivos economizadores de água, a captação e aproveitamento de águas de chuva, e o reuso de água. Em termos de gestão sustentável de águas pluviais, muitas das ações e tecnologias consideradas se enquadram nos conceitos de *low impact development* e *sustainable urban drainage*.

PALAVRAS-CHAVE: Universidades Sustentáveis. Conservação de Água. Gestão Sustentável de Águas Pluviais.

ABSTRACT

This article explores water sustainability practices proposed and implemented in leading academic universities, based on the analysis of their water management and/or sustainability plans, and other related documents. An overview of the objectives, practices (technologies, methods, actions) and results obtained from the water sustainability projects and programs of the selected universities is presented. Water sustainability programs and actions on university campuses are divided into two broad areas: (1) conservation and reduction of water use, and (2) sustainable management of stormwater. The collection of data on the use of water is an action highlighted in most of the documents consulted, as well as the installation of water-saving devices, the capture and use of rainwater, and the reuse of water. In terms of sustainable rainwater management, many of the actions and technologies considered fit into the concepts of low impact development and sustainable urban drainage.

KEYWORDS: Sustainable Universities. Water Conservation. Sustainable Stormwater Management.

RESUMEN

Este trabajo explora las prácticas de sostenibilidad del agua propuestas e implementadas en universidades académicas líderes en el extranjero, con base en el análisis de sus planes de gestión y/o sostenibilidad del agua y otros documentos relacionados. Se presenta un panorama de los objetivos, prácticas (tecnologías, métodos, acciones) y resultados obtenidos de los proyectos y programas de sustentabilidad hídrica de las universidades seleccionadas. Los programas y acciones de sostenibilidad del agua en los campus universitarios se dividen en dos grandes áreas: (1) conservación y reducción del uso del agua, y (2) gestión sostenible de aguas pluviales. La recogida de datos sobre el uso del agua es una actuación destacada en la mayoría de los documentos consultados, así como la instalación de dispositivos ahorradores de agua, la captación y aprovechamiento del agua de lluvia, y la reutilización del agua. En términos de gestión sostenible del agua de lluvia, muchas de las acciones y tecnologías consideradas encajan en los conceptos de desarrollo de bajo impacto y drenaje urbano sostenible.

PALABRAS CLAVE: Universidades Sostenibles. Conservación del agua. Gestión Sostenible de Aguas Pluviales.

1 INTRODUÇÃO

Campi universitários podem ser comparados a pequenas cidades no que se refere à sustentabilidade, devido às suas dimensões e aos impactos que as suas atividades têm sobre o meio ambiente e a sociedade (ALSHUWAIKHAT; ABUBAKAR, 2008). Uma universidade sustentável é

[...] uma instituição de ensino superior, como um todo ou em parte, que aborda, envolve e promove, em nível regional ou global, a minimização dos efeitos ambientais, econômicos, sociais e de saúde negativos gerados no uso de seus recursos para cumprir suas funções de ensino, pesquisa, divulgação e extensão, e administração, de maneira a ajudar a sociedade a fazer a transição para estilos de vida sustentáveis (VELAZQUEZ et al., 2006).

Citando outros autores, Lauder et al. (2015), afirmam que o papel das universidades enquanto promotoras da sustentabilidade é amplamente reconhecido na literatura, e que os *campi* universitários oferecem um cenário ideal para explorar e praticar a sustentabilidade. Moganadas et al. (2013) classificam as práticas de sustentabilidade nas seguintes categorias:

- Meio ambiente: sistemas de gestão de desperdício de recursos como água e energia, campanhas e ações de redução de poluição e reciclagem; formação de centros e comitês de pesquisa ambiental;
- Sociedade: desenvolvimento de currículos e cursos relacionados à sustentabilidade; formulação de programas de estilo de vida saudável para a comunidade acadêmica; implementação de uma cultura de trabalho saudável e ergonômica; envolvimento dos estudantes na tomada de decisões; formação de profissionais qualificados a favor do meio ambiente; compartilhamento de informações relacionadas à sustentabilidade via diferentes mídias; criação de forças tarefa com a comunidade acadêmica para promover iniciativas de sustentabilidade no campus;
- Economia: considerar o projeto de edifícios verdes e o gerenciamento da construção; utilizar sistemas de transporte sustentáveis; implementar sistemas de gerenciamento sustentável de alimentos (por exemplo, priorizando produtores locais e orgânicos) e projetar prédios verdes; implementação de programa de compras verdes (por exemplo, produtos de papel reciclado).

Programas e projetos relacionados à água são, certamente, alguns dos mais comuns no que se refere à sustentabilidade de *campi*, sendo amplamente reportados na literatura (ABDELALIM; O'BRIEN; SHI, 2015a; BONNET et al., 2002; COCKERILL; CARP, 2009; MITSCH et al., 2008; ODURO-KWARTENG et al., 2009; PETERSEN et al., 2015). Segundo Marinho et al. (2014),

O uso racional da água pode ser uma ferramenta poderosa para promover a sustentabilidade nos *campi* das universidades. Além da economia de recursos e financeira, ele visa apoiar a inovação tecnológica e comportamental em direção a um relacionamento mais equilibrado entre as atividades humanas e a natureza. (MARINHO; GONÇALVES; KIPERSTOK, 2014).

2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é explorar as práticas de sustentabilidade hídrica propostas e implementadas em universidades de destaque acadêmico no exterior, a partir da análise de seus planos de gerenciamento hídrico e/ou de sustentabilidade, e de outros documentos relacionados. Pretende-se apresentar um panorama dos objetivos, das práticas (tecnologias, métodos, ações) e resultados obtidos a partir dos projetos e programas de sustentabilidade hídrica das universidades selecionadas, identificando práticas comuns e fornecendo uma base teórica para a proposição de programas e projetos em outras universidades.

3 METODOLOGIA

Foi selecionado um conjunto de universidades com destaque acadêmico, baseado no Ranking Times Higher Education (THE) 2020, que é um dos rankings universitários mais reconhecidos mundialmente (LUKMAN; KRAJNC; GLAVIČ, 2010). Neste trabalho, foram consideradas algumas das dez melhores universidades de 2020, segundo o THE, sendo elas: University of Oxford (Reino Unido), California Institute of Technology (CALTECH, Estados Unidos), University of Cambridge (Reino Unido), Stanford University (Estados Unidos), Massachusetts Institute of Technology (MIT, Estados Unidos), Princeton University (Estados Unidos), Harvard University (Estados Unidos), Yale University (Estados Unidos), e Imperial College London (Reino Unido).

Foram identificados e revisados documentos publicados por essas universidades, em especial, seus planos de gestão diretamente associados aos recursos hídricos (por exemplo, planos de conservação de água ou de gestão sustentável de águas pluviais) e, quando da indisponibilidade destes, outros documentos associados, com os planos de sustentabilidade dos *campi*. A partir da revisão dos documentos, foi possível identificar os objetivos e metas dos planos, seus princípios e premissas, as tecnologias e métodos considerados, e os resultados já obtidos, dentre outras informações consideradas relevantes.

4 RESULTADOS

4.1 Os aspectos da sustentabilidade hídrica em *campi* universitários

A sustentabilidade hídrica de *campi* universitários é implementada de diversas maneiras, abordando diferentes aspectos do uso da água e das interações do ser humano com os recursos hídricos, na escalado do campus. Tais aspectos podem ser agrupados em (1) uso da água nas atividades da universidade e (2) gestão das águas pluviais.

No que se refere à conservação da água, os *campi* apresentam usos bastante distintos, seja em suas edificações de uso comum (em banheiros, alojamentos, refeitórios), nos processos e edificações de uso específico (laboratórios didáticos e áreas de manutenção do campus) e em áreas externas (para a irrigação de jardins e campos esportivos, por exemplo). Nesse sentido, “um programa de conservação de água otimiza ao máximo a utilização desse recurso em uma edificação, dentro dos conceitos de viabilidade técnico-econômica e ambiental.” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014).

No tocante à gestão sustentável de águas pluviais, a implantação de *campi* universitários trás as mesmas alterações da hidrologia local resultantes dos processos de urbanização – ou seja, a redução da permeabilidade do solo, com conseqüente redução da infiltração e aumento do escoamento superficial. Além dos problemas físicos relacionados ao escoamento de grandes volumes de água pluvial (como inundações e enxurradas), tem-se o aumento da poluição difusa devido à remoção e transporte de poluentes das superfícies impermeáveis. Como tecnologias/soluções prioritárias a serem implementadas nos *campi*, destacam-se aquelas categorizadas como *low impact development* (LID) e *sustainable urban drainage* (SUD), dentre outras terminologias semelhantes e associadas (FLETCHER et al., 2015). Apesar de algumas diferenças conceituais, tais tecnologias visam, em linhas gerais, reverter os efeitos da urbanização sobre a hidrologia/hidráulica das bacias hidrográficas, a partir de intervenções que renaturalizam (do ponto de vista hidrológico) as áreas ocupadas, gerando benefícios do ponto de vista físico/quantitativo (aumento da infiltração e redução o escoamento superficial) e qualitativo (redução da poluição difusa).

No trabalho de Boneet et al. (2002) foi implementada uma metodologia para o levantamento e controle de dados referentes ao uso de energia e água no campus da Universidade de Bordeaux (França). Com os dados coletados, foram feitos mapeamentos e estudos comparativos sobre a distribuição e razão de uso e desperdício de água nas dependências da universidade (BONNET et al., 2002).

Marinho et al. (2014) descrevem e discutem os métodos utilizados e os resultados obtidos com a implementação do programa AGUAPURA, de conservação de água e conscientização na Universidade Federal da Bahia (UFBA). Segundo os autores, o programa resultou em economias hídricas significativas, reduzindo pela metade o uso de água *per capita* nas dependências da universidade.

Cockerill e Carp (2009) demonstram as facetas administrativas e organizacionais de medidas e diretrizes que promovem a sustentabilidade hídrica em ambientes universitários. No decorrer deste trabalho são apresentadas as atividades desempenhadas pelo comitê de Planejamento de Recursos Hídricos (WRPC) da Appalachian State University, na Carolina do Norte (EUA). Cockerill e Carp (2009) detalham o importante papel desempenhado pelas universidades públicas nas comunidades em ao seu redor, sendo uma delas uma importante influência no que se refere ao caráter de ensino e pesquisa, incentivando a propagação de conceitos voltados para a sustentabilidade ambiental e hídrica.

Abdelalim et al. (2015b) propõe a adoção de vários métodos para analisar e visualizar a quantidade de água consumida na Carleton University, em Ottawa, Canadá. Em sua metodologia, foram utilizados dados de valores medidos por área útil e ocupação. O objetivo do trabalho foi tentar melhorar a acessibilidade desses dados a todas as partes interessadas, incluindo operadores, planejadores, ocupantes e empresas de construção. O campus utilizado como escopo do estudo de caso possui 45 edifícios, podendo ser considerado um local de grandes dimensões, provando a aplicabilidade de medidas sustentáveis em instalações de todos os tamanhos. Como resultado da pesquisa, Abdelalim et al. (2015b) revelaram variações significativas no consumo entre edifícios, facilitando assim a aplicação de medidas de conscientização e economia do uso de água diretamente nos locais mais problemáticos.

4.2 Universidade de Oxford

O “*University of Oxford Water Management Strategy*” (UNIVERSITY OF OXFORD, 2011) apresenta uma visão de nexos em relação à conservação da água no campus, uma vez que relaciona a conservação dos recursos hídricos à redução das emissões de CO₂ associada à disponibilização da água a partir da concessionária local. A estratégia de Oxford se baseou em dados compilados na universidade, auditorias nos dez prédios de maior consumo no campus do método utiliza, e uma pesquisa por e-mail com os gestores dos edifícios e departamentos do campus. Para uma análise mais objetiva do nível de sustentabilidade hídrica, Oxford utilizou a metodologia “*Building Research Establishments Environmental Assessment Method*” (BREEAM) (UNIVERSITY OF OXFORD, 2011).

Dentre as tecnologias e ações propostas por Oxford para a redução do uso da água a partir da concessionária local (muitas delas, segundo a Estratégia, com tempo de retorno inferior a 2 anos), destacam-se (UNIVERSITY OF OXFORD, 2011): (1) adequações dos medidores de água dos sistemas de captação de água de chuva, (2) implantação de sistema de reuso de águas cinzas, (3) instalação de dispositivos economizadores de água em banheiros, e (4) implantação de hidrômetros para identificação de vazamentos. O Quadro 1 apresenta alguns destaques do “*University of Oxford Water Management Strategy*”.

Quadro 1- Pontos de destaque do “*University of Oxford Water Management Strategy*”

Item	Descrição/valor
Gastos totais com água em 2009/2010	£ 540.000,00
Consumo de água (2009/2010)	347.364 m ³
Meta de redução do uso da água entre 2009/2010 e 2014/2015	11%
Medidas em vigor para reduzir o uso da água	Captação de água de chuva, irrigação sustentável de jardins e campos esportivos (utilização de vegetação que dependa exclusivamente da precipitação, ou uso de água de chuva captada), dispositivos sanitários eficientes, reciclagem de águas cinzas, detecção de vazamentos, medição do uso de água, sensores de presença para fornecimento de água para lavatórios.

Fonte: (UNIVERSITY OF OXFORD, 2011)

4.3 California Institute of Technology (Caltech)

O “*Caltech 2020 Sustainability Report*” (CALTECH SUSTAINABILITY, 2020) indica como metas para viabilidade do seu programa de sustentabilidade hídrica a redução do uso de água potável e aumento do uso de água de reuso, foco na eficiência e criação de ambientes/paisagens adaptadas às mudanças climáticas.

Em 2020, o consumo de água no Caltech era destinado ao uso em estações/edifícios de serviços (58% do consumo total), prédios gerais e uso doméstico (28% do consumo total) e irrigação (14% do consumo total) (CALTECH SUSTAINABILITY, 2020). As despesas com água do Caltech em 2020 foram de US\$ 1,2 milhões (CALTECH SUSTAINABILITY, 2020).

4.4 University of Cambridge

O “Relatório de Sustentabilidade Ambiental da Universidade de Cambridge 2018” (UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, 2018) propõe melhorias nos processos de

medição/monitoramento do uso dos recursos hídricos, baseadas nas práticas de medição já utilizadas pela universidade para a avaliação de emissões de carbono. Além de sistemas de medição automática do consumo de água, Cambridge também destaca a necessidade de auditorias para a identificação de oportunidades de conservação de água (UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, 2018).

Já na edição 2020-2021 do relatório (UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, 2021), percebe-se um destaque à integração da gestão sustentável dos recursos hídricos com a proteção/melhoria da biodiversidade, com propostas visando a recuperação de áreas úmidas e corpos d'água, e suas respectivas funções e serviços ecossistêmicos.

Assim como a Universidade de Oxford, Cambridge (UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, 2021) também utilizou o método BREEAM para avaliação da sustentabilidade do campus. Outra similaridade entre as universidades refere-se à apresentação de indicadores de emissão de CO₂ equivalente associados ao uso da água no campus. O Quadro 2 apresenta alguns destaques do “*University of Cambridge Environmental Report 2020-21*”.

Quadro 2- Destaques do “*University of Cambridge Environmental Report 2020-21*”

Item	Descrição/valor
Consumo de água (2018/2019)	461.578 m ³
Meta de redução do uso da água entre 2005/2006 e 2020/2021	20%
Medidas em vigor associadas à água	Restauração de lagoas e áreas úmidas dentro do Plano de Ação para a Biodiversidade (através de remoção de resíduos por voluntários e dragagem), utilização de torneiras e chuveiros eficientes.

Fonte: (UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, 2021)

4.5 Stanford University

Dentre as medidas de conservação de água propostas no “Plano Diretor de Conservação, Reuso e Reciclagem de água da Universidade de Standford” (LAPORTE et al., 2003), são listadas a substituição de vasos sanitários por outros com descarga ultra reduzida, *retrofit* de chuveiros, substituição de mictórios e alterações paisagísticas.

As alterações paisagísticas citadas são focadas, sobretudo, no aumento da eficiência dos sistemas de irrigação do campus, que consideram ações como a seleção de vegetação com baixas necessidades hídricas, e o uso de tecnologias eficientes e água de reuso para irrigação (LAPORTE et al., 2003).

4.6 Massachusetts Institute of Technology (MIT)

O “*MIT Campus Sustainability Working Group Recommendations*” (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY OFFICE OF SUSTAINABILITY, 2015) da grande destaque para a gestão sustentável das águas pluviais no campus da instituição, com vistas a favorecer a sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Charles, na qual ele se localiza.

Em relação às ações propostas pelo MIT para o alcance da gestão sustentável das águas pluviais, tem-se (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY OFFICE OF SUSTAINABILITY, 2015): (1) revisão das normas de projeto do MIT, para incluir aspectos específicos sobre águas pluviais e gestão da paisagem, bem como normas de operação e manutenção sustentáveis de

águas pluviais e paisagens; (2) desenvolver planos de qualidade ecológica de água pluviais e paisagens, e uma avaliação da sustentabilidade do telhados; (3) desenvolver ações de educação sobre a temática, e também, buscar oportunidades de parcerias para ações colaborativas com atores locais/regionais.

O Quadro 3 apresenta pontos de destaque do “MIT Campus Sustainability Working Group Recommendations”.

Quadro 3 - Pontos de destaque do “MIT Campus Sustainability Working Group Recommendations”

Item	Descrição/valor
Áreas de gestão do campus envolvidas nas recomendações	Serviços de utilidade pública, manutenção de terrenos, planejamento e engenharia paisagística, práticas de gestão de águas pluviais e paisagísticas
Parcela impermeável (telhados e pavimentos) da área total do MIT	64%
Princípios propostos para a gestão de águas pluviais no campus	Promover a resiliência dos sistemas em relação às mudanças climáticas; melhorar a qualidade da água na bacia onde o MIT está localizado; planejar uma renovação do campus que promova a saúde e o bem estar da comunidade de outros seres vivos; renaturalizar o ciclo hidrológico local, melhorar a saúde do solo e apoiar a biodiversidade.

Fonte: (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY OFFICE OF SUSTAINABILITY, 2015)

4.7 Princeton University

O “Plano de Ação para Sustentabilidade” (PRINCETON UNIVERSITY OFFICE OF SUSTAINABILITY, 2019) da Universidade e Princeton se foca em duas grandes áreas relacionadas aos recursos hídricos: (1) redução do uso da água e (2) aprimoramento da gestão de águas pluviais. O Quadro 4 resume os principais pontos do Plano.

Quadro 4 - Pontos de destaque do “Princeton University Sustainability Action Plan”

Item	Descrição/valor
Áreas de ação	Redução do uso da água e aumento da área do campus com gestão aprimorada das águas pluviais (para redução de poluição e escoamento superficial)
Meta de redução do uso da água (até 2026 em relação a 2018)	23%
Meta de aumento da área do campus com gestão aprimorada das águas pluviais (até 2026 em relação a 2018)	39%
Usos da água no campus (média de 2017 e 2018)	Doméstico (52%), geração de vapor e eletricidade (18%), resfriamento do campus (30%)
Estratégias de redução de uso da água	Instalação de redes duplas de abastecimento de água, permitindo o uso de água de chuva e de reuso em banheiros; melhorar os sistemas de medição e micromedição de água no campus; avaliar continuamente a viabilidade de reuso de água; utilização de abordagens baseadas na ciência comportamental, para estimular o uso consciente da água.
Tecnologias de gestão aprimorada de águas pluviais já implementadas (desde 2008)	20 projetos, variando de pavimentos permeáveis a telhados verdes.
Área já contemplada com tecnologias de gestão aprimorada de águas pluviais já implementadas (desde 2008)	0,40 km ²
Redução do escoamento superficial desde 2008	35%

Item	Descrição/valor
Estratégias de aprimoramento da gestão de águas pluviais	Buscar oportunidades de restauração de corredores fluviais, margens de lagos e áreas úmidas; aplicar tecnologias de gestão aprimorada (por exemplo, biorretenção, telhados verdes, pavimentos permeáveis, etc) em novas construções e na gestão da paisagem do campus; implementar um sistema de monitoramento de quantidade e qualidade de águas pluviais;

Fonte: (PRINCETON UNIVERSITY OFFICE OF SUSTAINABILITY, 2019)

4.7 Harvard University

A meta de redução do uso da água de Harvard até 2020 (a partir da linha de base de 2006) era de 30% (HARVARD OFFICE FOR SUSTAINABILITY, 2015). Além da conservação de água, o “*Harvard University Sustainability Plan*” (HARVARD OFFICE FOR SUSTAINABILITY, 2015) também previa a redução do escoamento superficial e aumento da infiltração, como medidas de gestão sustentável das águas pluviais.

4.7 Yale University

Além de um plano global de sustentabilidade (YALE UNIVERSITY, 2016), a Universidade de Yale possui planos individuais de gestão de água para consumo (YALE UNIVERSITY OFFICE OF FACILITIES, 2017) e de águas pluviais (YALE UNIVERSITY OFFICE OF FACILITIES, 2018).

As despesas de Yale com água representam de 6% a 8% do orçamento anual para serviços públicos (YALE UNIVERSITY OFFICE OF FACILITIES, 2017). Os princípios de gestão hídrica de Yale são (YALE UNIVERSITY OFFICE OF FACILITIES, 2017):

- Reconhecer a água como um recurso crítico para as operações da universidade;
- Promover a medição dos recursos hídricos, as tecnologias de conservação e a pesquisa sobre a temática;
- Promover estratégias adaptativas de gestão.

O Quadro 5 apresenta um sumário de pontos relevantes da gestão hídrica de Yale.

Quadro 1- Pontos de destaque do “*Yale University Water Management Plan*”

Item	Descrição/valor
Meta de redução do uso da água até 2020	5% em relação ao ano base 2013
Projetos implementados	Implantação de chuveiros eficientes em edifícios residenciais e ginásio; sistema de irrigação de alto desempenho e monitoramento de umidade do solo para irrigação; investigação e resolução de vazamentos subterrâneos
Estratégias de gestão consideradas no Plano 2013-2016	Manter a infraestrutura de medição e monitoramento do consumo de água, além da análise e publicação da análise dos dados de consumo, anualmente, na escala dos edifícios; atualizar os padrões projetivos e de planejamento da Universidade, de forma a considerar métodos mais atuais de medição de água, eficiência hídrica e estratégias para recuperação de água; implementar ações e projetos de conservação de água para atingir a meta de redução; adaptar/atualizar periodicamente as metas de redução de uso da água.

Fonte: (YALE UNIVERSITY OFFICE OF FACILITIES, 2017)

A gestão sustentável de águas pluviais em Yale se baseia nos seguintes princípios (YALE UNIVERSITY OFFICE OF FACILITIES, 2018):

- Reconhecer as águas pluviais como um recurso, aumento os seus benefícios e reduzindo os riscos a elas associadas;
- Priorizar a restauração das funções das bacias hidrográficas através de estratégias *low-impact*, promovendo, em ordem de prioridade, (1) a infiltração das águas pluviais nos locais onde elas precipitam, (2) o seu armazenamento para posterior infiltração ou utilização, (3) detenção temporária e liberação gradual para os sistemas de drenagem.
- Promover pesquisas sobre águas pluviais, incluindo a utilização do campus como um laboratório vivo;
- Incorporar o gerenciamento adaptativo, baseado na coleta de dados e modelagem como suporte à tomada de decisões.

Dentre as tecnologias presentes nos projetos de gestão sustentável de águas pluviais já implantados em Yale, destacam-se os telhados verdes, sistemas de biorretenção e sistemas subsuperficiais de infiltração e detenção de água.

4.9 Imperial College London

Em termos de gestão de recursos hídricos, a estratégia de sustentabilidade do Imperial College (IMPERIAL COLLEGE LONDON, 2021) estabelece como objetivo reduzir o consumo de água e a poluição do meio ambiente.

As ações de conservação de água propostas pelo Imperial College (IMPERIAL COLLEGE LONDON, 2021) incluem a realização de auditorias hídrica detalhadas, a instalação de sistemas automáticas de medição e controle do uso da água, a buscar equipamentos que não demandem água, reduzir o uso de água em sistemas e refrigeração e promover o reuso de água e a captação de água de chuva.

5 CONCLUSÃO

Os programas e ações de sustentabilidade hídrica em *campi* universitários estão divididos em duas grandes áreas: (1) conservação e redução do uso da água e (2) gestão sustentável de águas pluviais. Como em qualquer processo de gestão, a coleta de dados em escalas adequadas é uma etapa fundamental, destacada nos documentos analisados, seja em termos de uso da água ou de geração de escoamento superficial. Também são pontos comuns em várias das universidades avaliadas: a utilização de dispositivos economizadores de água, a implantação de sistemas de captação e aproveitamento de águas de chuva, e o reuso de água.

A gestão de recursos hídricos de forma integrada a de outros recursos é um ponto convergente entre algumas universidades estudadas. Tal convergência foi ilustrada, por exemplo, pela associação do uso da água à emissão de gases de efeito estufa. Essa integração pode favorecer os programas de sustentabilidade dos campi universitários, uma vez que

benefícios secundários/indiretos das ações de sustentabilidade hídrica podem estimular a sua implantação, e aumentar a sua viabilidade.

A irrigação de jardins, campos esportivos e outras áreas verdes é uma área de destaque em diversos programas. Nesse sentido, as questões hidroclimáticas (disponibilidade de chuva) e a utilização de espécies vegetais com alta tolerância à baixa umidade do solo são fatores importantes associados ao paisagismo dos *campi*, conjuntamente à utilização de sistemas eficientes de irrigação.

As ações de gestão sustentável de águas pluviais foram, em sua maioria, baseadas na redução da geração do escoamento superficial/aumento da infiltração. Muitas das tecnologias utilizadas nesse contexto se enquadram nos conceitos de *low impact development* e *sustainable urban drainage*.

REFERÊNCIAS

ABDELALIM, A.; O'BRIEN, W.; SHI, Z. Visualization of energy and water consumption and GHG emissions: A case study of a Canadian University Campus. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 109, p. 334–352, 2015. a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.058>>

ABDELALIM, A.; O'BRIEN, W.; SHI, Z. Visualization of energy and water consumption and GHG emissions: A case study of a Canadian University Campus. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 109, p. 334–352, 2015. b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.058>>

ALSHUWAIKHAT, H. M.; ABUBAKAR, I. An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 16, n. 16, p. 1777–1785, 2008. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652607002545>>

BONNET, J.-F.; DEVEL, C.; FAUCHER, P.; ROTURIER, J. Analysis of electricity and water end-uses in university campuses: case-study of the University of Bordeaux in the framework of the Ecocampus European Collaboration. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 13–24, 2002. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095965260100018X>>

CALTECH SUSTAINABILITY. **Caltech 2020 Sustainability Report**. Pasadena.

COCKERILL, K.; CARP, J. Leveraging opportunities for campus sustainability: a case study of water resources. **Sustainability: Science, Practice and Policy**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 28–37, 2009. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15487733.2009.11908033>>

FLETCHER, T. D.; SHUSTER, W.; HUNT, W. F.; ASHLEY, R.; BUTLER, D.; ARTHUR, S.; TROWSDALE, S.; BARRAUD, S.; SEMADENI-DAVIES, A.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J.-L.; MIKKELSEN, P. S.; RIVARD, G.; UHL, M.; DAGENAIS, D.; VIKLANDER, M. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, [s. l.], v. 12, n. 7, p. 525–542, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>>

HARVARD OFFICE FOR SUSTAINABILITY. **Harvard University Sustainability Plan. Fiscal Year 2015-2020**. Cambridge.

IMPERIAL COLLEGE LONDON. **Imperial College London Sustainability Strategy 2021-2026**. Londres.

LAPORTE, M.; DIVISION, U.; SIDING, B.; MADDAUS, W. O. Water Conservation , Reuse and Recycling Master Plan at Stanford University. [s. l.], n. Figure 1, p. 1–20, 2003.

LAUDER, A.; SARI, R. F.; SUWARTHA, N.; TJAHJONO, G. Critical review of a global campus sustainability ranking: GreenMetric. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, p. 852–863, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.080>>

LUKMAN, R.; KRAJNC, D.; GLAVIČ, P. University ranking using research, educational and environmental indicators. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 18, n. 7, p. 619–628, 2010. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.09.015>>

MARINHO, M.; GONÇALVES, M. D. S.; KIPERSTOK, A. Water conservation as a tool to support sustainable practices in a Brazilian public university. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 62, p. 98–106, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.053>>

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY OFFICE OF SUSTAINABILITY. **MIT Campus Sustainability Working Group Recommendations. An integrative vision for our buildings, materials, stormwater, landscape and labs.** Cambridge.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Manual prático para uso e conservação da água em prédios públicos.** Brasília.

MITSCH, W. J.; TEJADA, J.; NAHLIK, A.; KOHLMANN, B.; BERNAL, B.; HERNÁNDEZ, C. E. Tropical wetlands for climate change research, water quality management and conservation education on a university campus in Costa Rica. **Ecological Engineering**, [s. l.], v. 34, n. 4, p. 276–288, 2008.

MOGANADAS, S. R.; CORRAL-VERDUGO, V.; RAMANATHAN, S. Toward systemic campus sustainability: Gauging dimensions of sustainable development via a motivational and perception-based approach. **Environment, Development and Sustainability**, [s. l.], v. 15, n. 6, p. 1443–1464, 2013.

ODURO-KWARTENG, S.; NYARKO, K. B.; ODAI, S. N.; ABOAGYE-SARFO, P. Water conservation potential in educational institutions in developing countries: Case study of a university campus in Ghana. **Urban Water Journal**, [s. l.], v. 6, n. 6, p. 449–455, 2009.

PETERSEN, J. E.; FRANTZ, C. M.; SHAMMIN, M. R.; YANISCH, T. M.; TINCKNELL, E.; MYERS, N. Electricity and water conservation on college and university campuses in response to national competitions among dormitories: Quantifying relationships between behavior, conservation strategies and psychological metrics. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 10, n. 12, p. 1–41, 2015.

PRINCETON UNIVERSITY OFFICE OF SUSTAINABILITY. **Princeton University Sustainability Action Plan. Toward 2026 and beyond.** [s.l: s.n.].

UNIVERSITY OF CAMBRIDGE. **University of Cambridge Environmental Sustainability Report 2018.** Cambridge.

UNIVERSITY OF CAMBRIDGE. **University of Cambridge Environmental Sustainability Report 2020-2021.** Cambridge.

UNIVERSITY OF OXFORD. **University of Oxford Water Management Strategy.** Birmingham.

VELAZQUEZ, L.; MUNGUÍA, N.; PLATT, A.; TADDEI, J. Sustainable university: what can be the matter? **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 14, n. 9–11, p. 810–819, 2006. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652606000199>>

YALE UNIVERSITY. **Yale Sustainability Plan 2025.** New Haven.

YALE UNIVERSITY OFFICE OF FACILITIES. **Yale University Water Management Plan. Update 2017.** New Haven.

YALE UNIVERSITY OFFICE OF FACILITIES. **Yale University Sustainable Stormwater Management Plan. Update 2018.** New Haven.