



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

A METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO PARQUE CONSTRUÍDO UNIVERSITÁRIO PARA A PROPOSTA DE UM PROGRAMA DE ECOEFICIÊNCIA¹

FRANDOLOSO, Marcos Antonio Leite (1); FRITSCH, Rodrigo Carlos (2); PINTO, Fábio Lamaison (3); BIER, Angélica dos Santos (4); MAINARDI, Matheus Scaglia (5); AZEVEDO, Melissa Alencar (6); FACCHINETTO, André (7)

(1) Universidade de Passo Fundo, frandoloso@upf.br **(2)** Universidade de Passo Fundo, rcfritsch@upf.br **(3)** Universidade de Passo Fundo, 144428@upf.br **(4)** Faculdade João Paulo II, angélica_bier@hotmail.com **(5)** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, mainardi_matheus@hotmail.com **(6)** Universidade de Passo Fundo, 128443@upf.br **(7)** Universidade de Passo Fundo, andrefacchinetto@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho relata os resultados positivos sobre a avaliação da situação atual do consumo de recursos naturais nos edifícios da Universidade de Passo Fundo - RS, compreendendo os aspectos relacionados ao consumo de energia, integrados às condições de conforto dos usuários, reforçando desta maneira o caráter e a responsabilidade da Universidade frente ao desenvolvimento sustentável, incluindo-a ao grupo dos eco-campi ou seja, aquelas universidades orientadas em termos administrativos e pedagógicos para a sustentabilidade, incluindo tais princípios em todas as suas atividades cotidianas (graduação, pesquisa, extensão e administração). Este artigo apresenta um panorama das metodologias e as respectivas ferramentas adotadas para a avaliação das diferentes variáveis incidentes no desempenho térmico e energético do parque construído universitário. O resultado da pesquisa é a proposição de um instrumento operativo para a melhoria do desempenho dos edifícios existentes, bem como na elaboração de diretrizes para um Programa de Ecoeficiência reproduzível em todos os campi da Universidade, a fim de contribuir nas discussões para o processo de tomada de decisões para estabelecer parâmetros e prioridades de intervenções.

Palavras-chave: Desempenho energético, Ecoeficiência, Edifícios universitários, Universidade sustentável.

ABSTRACT

This paper reports the positive results on the evaluation of the current situation of the consumption of natural resources in the buildings of the University of Passo Fundo - RS, comprising the aspects related to energy consumption, integrated with the comfort conditions of users, thus reinforcing the character and responsibility of the University in the face of sustainable development, including it to the group of eco-campuses i.e. , those universities oriented in administrative and pedagogical terms for sustainability, including such principles in

¹ FRANDOLOSO, Marcos Antonio Leite; FRITSCH, Rodrigo Carlos; PINTO, Fábio Lamaison; BIER, Angélica dos Santos; MAINARDI, Matheus Scaglia; AZEVEDO, Melissa Alencar; FACCHINETTO, André. A metodologia de avaliação do desempenho do parque construído universitário para a proposta de um programa de ecoeficiência. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

all their daily activities (graduation, research, extension and administration). This article presents an overview of the methodologies and the respective tools adopted for the evaluation of the different variables incident in the thermal and energy performance of the university built park. The result of the research is the proposition of an operational instrument to improve the performance of existing buildings, as well as in the elaboration of guidelines for a reproducible Eco-efficiency Program on all campuses of the University, in order to contribute to the discussions for the decision-making process to establish parameters and priorities of interventions.

Keywords: Energy performance, Eco-efficiency, University buildings, Sustainable university.

1. INTRODUÇÃO

No âmbito das instituições de ensino superior, cada vez mais as discussões e proposição de cenários futuros apontam uma visão ampla e integrada para incluir os conceitos de desenvolvimento sustentável não apenas em termos de planejamento e gestão administrativa, mas também como um paradigma para todas as ações universitárias. Nesta perspectiva as universidades devem se constituir com um ambiente que fomente a construção do conhecimento e que possa servir como laboratório de experiências concretas, reforçando o processo ensino-aprendizagem, através da implementação de inovações pedagógicas e tecnológicas, as quais segundo Lehmann et al. (2009), são as únicas chaves para a sustentabilidade.

Especificamente no que tange à tecnologia da construção, a implementação de critérios ambientais e de ecoeficiência nos edifícios, conforme Cuchí i Burgos (2009), tem o objetivo de incidir na maneira de conceber, projetar, construir e utilizar os edifícios, que no caso de um parque construído universitário, faz-se relevante para a inclusão da perspectiva da sustentabilidade ambiental nas suas políticas e ações.

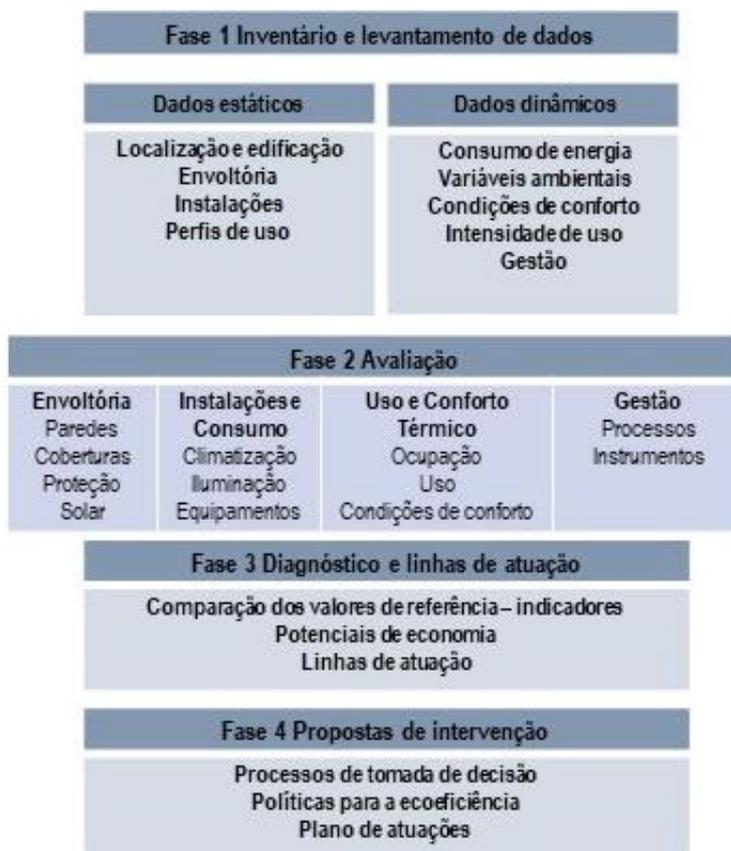
2 METODOLOGIA

A avaliação do desempenho térmico e energético dos edifícios de referência utiliza a metodologia de Auditorias Energéticas (LÓPEZ PLAZAS, 2006; BOSCH GONZÁLES et al., 2006; FRANDOLOSO, 2018; 2019; FRANDOLOSO, CUCHÍ I BURGOS; CUNHA, 2018). Esta metodologia permite caracterizar cada edifício relacionando as diferentes fontes de energia com seus respectivos usos. Esta caracterização é obtida a partir da compilação de informações diferenciadas em dois tipos: os dados estáticos (características construtivas dos edifícios e dos espaços internos e das instalações) e os dados dinâmicos, com alterações ao longo do tempo, como a intensidade de uso, variáveis ambientais e consumo energético; as auditorias energéticas apresentam como premissa a integração de três tipos de fatores: a demanda, o rendimento das instalações e a gestão de uso e ocupação. A estrutura das avaliações segue quatro fases, de acordo com a Figura 1.

A partir destes resultados, obteve-se a indicação de pautas para apoio aos processos de tomada de decisões para a melhoria do desempenho energético, térmico e de conforto, ou seja, contribuindo com a qualidade ambiental dos ambientes de aprendizagem e trabalho.

Como base inicial, a pesquisa acompanha e analisa o processo de tomada de decisões da Universidade relacionadas com o planejamento físico da instituição, sejam pelo seguimento das ações com enfoque nas práticas de sustentabilidade desenvolvidas, sejam pelos instrumentos normativos reguladores das atividades e planejamento estratégico.

Figura 1 – Metodologia de avaliação energética.



Fonte: adaptado de Frandoloso, 2018a.

3 AVALIAÇÕES DO DESEMPENHO DO PARQUE CONSTRUÍDO

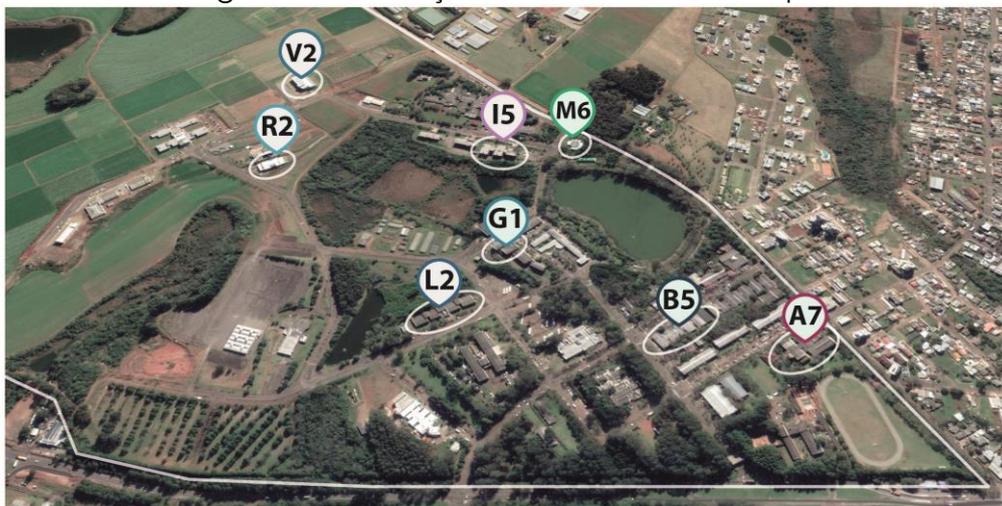
A partir dos conhecimentos gerados ao longo da pesquisa, para contribuir com o processo de efetivação da Política Social e Ambiental da Universidade de Passo Fundo – UPF (DALMOLIN, MORETTO, 2014), se propôs o Programa de Ecoeficiência Ambiental e Energética para a UPF, seguindo as diretrizes apontadas na trabalho de Frandoloso (2018; 2019), bem como integrado ao Manual de Sistema de Gestão Ambiental (ASSUMPÇÃO et al., 2011) e do Plano de Desenvolvimento Institucional da Universidade 2017-2021 (UPF, 2016).

Com base nas diretrizes e indicadores deve ser elaborada a hierarquização de prioridades para a aplicação da metodologia de auditoria energética, considerando-se além dos aspectos quantitativos absolutos (kWh/m²), outros fatores estratégicos a serem definidos no detalhamento e implementação do Programa de Ecoeficiência Ambiental e Energética, como por exemplo, edificações com projetos de reforma/retrofit já programados para atender necessidades programáticas como mudança de usos e reestruturação física. A cada um destes aspectos caberá detalhamento de ações, com o estabelecimento dos instrumentos, responsabilidades e prazos.

A pesquisa desenvolveu até o momento a avaliação de 8 edificações representadas na Figura 2, cobrindo as diferentes épocas de construção e tipologias arquitetônicas e construtivas do Campus, gerando produção acadêmica/científica e relatórios técnicos a fim de subsidiar as ações e processos de tomada de decisões. Nas etapas futuras pretende-se ampliar as avaliações para todo o parque construído, integrando

multidisciplinarmente pesquisadores (alunos e professores).

Figura 2 - Edificações analisadas no Campus I UPF.



Fonte: Os autores.

As etapas descritas na Figura 1 foram sistematizadas com a aplicação de ferramentas e metodologias específicas para cada uma das variáveis a serem analisadas. Neste trabalho são resumidas algumas delas e apresentados exemplos de sua aplicação, compilados no Quadro 1.

Quadro 1 – Ferramentas e metodologias para avaliação

Indicador/Variável	Metodologia/Ferramenta	Avaliação
Dados estáticos: características arquitetônicas	Avaliação de projetos e conferência as-built	Classificação da Envolvória pelo RTQ-C - NBR15220
Dados estáticos: características construtivas da envoltória	Levantamento de materiais e técnicas construtivas (memoriais e prospecções)	Classificação da Envolvório pelo RTQ-C Análise Termovisor infravermelho teste 881
Dados estáticos: equipamentos e perfis de uso	Planilhas de levantamento	Classificação Equipamentos de Climatização pelo RTQ-C Simulação <i>DesignBuilder</i>
Dados dinâmicos: consumo de energia	Levantamento da demanda teórica e seguimento do consumo (<i>SmartGate</i> , etc)	Simulação <i>DesignBuilder</i>
Dados dinâmicos: variáveis ambientais – temperatura e umidade relativa	data-loggers modelo teste 175/177	<i>Confort Software Basic</i> teste Simulação <i>DesignBuilder</i>
Dados dinâmicos: condições de conforto térmico	<i>Comfort Software Basic</i> teste Simulação <i>DesignBuilder</i>	Limites de conforto de Givoni (1992), PMV Fanger e Toftum (2002) Conforto Adaptativo (DE DEAR; BRAGER, 2002).
Dados dinâmicos: condições de conforto lumínicos	termo-higrômetro-luxímetro-decibelímetro portátil, modelo THDL marca <i>Lutron</i>	Classificação pelo RTQ-C dos sistemas de iluminação Simulação <i>Velux</i>
Dados dinâmicos: intensidade de uso e ocupação	Planilhas de monitoramento e definição de semana típica e turnos de ocupação	Simulação dos schedules <i>DesignBuilder</i>

Fonte: Os autores

As envoltórias são avaliadas de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-

C (BRASIL, 2010; 2013). Como exemplo, a Tabela 1 ilustra a compilação dos dados estáticos da envoltória e aplica os conceitos e equações do RTQ-C, (neste caso a edificação fica enquadrada no nível C ou D para as paredes e coberturas, nas áreas de laboratórios com telha metálica tipo sanduiche), também de forma a atender aos requisitos da NBR15520 (ABNT, 2013a). Para as salas de aula com laje pré-moldada a classificação passa para nível A.

Tabela 1 – Análise da envoltória edifício R2.

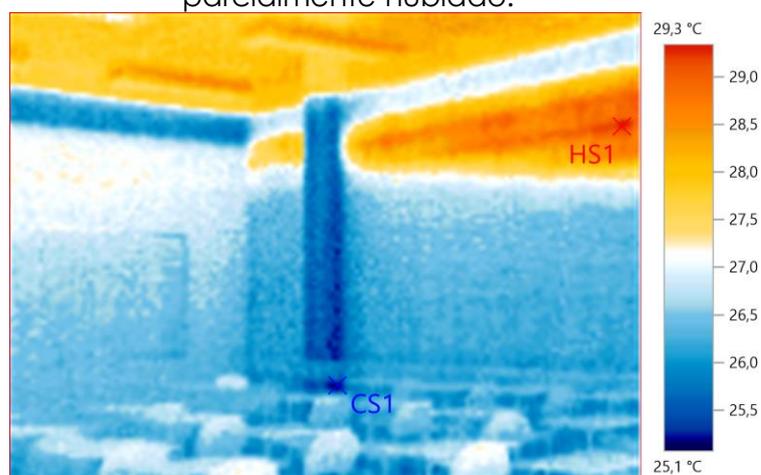
		Equivalente numérico
AU	Área útil (m ²)	1529,54
ATOT	Área total de piso (m ²)	1529,54
APCOB	Área de projeção de cobertura (m ²)	1100,77
AENV	Área da envoltória (m ²)	1058,76
VTOT	Volume total da edificação (m ³)	7425,5
PAFT	Percentual de área de abertura de fachada (%)	26,19
FA	Fator altura	0,72
FF	Fator forma	0,14
FS	Fator solar	0,80
AVS	Ângulo vertical de sombreamento	26,8°
AVH	Ângulo horizontal de sombreamento	0°
α _{PAR}	Absortância solar da parede	0,8
α _{COB}	Absortância solar da cobertura	0,25
U _{PAR}	Transmitância térmica da parede (W/m ² K)	2,32
U _{COB}	Transmitância térmica da cobertura (W/m ² K)	1,92

*considerado: Zona Bioclimática 2; Ape >500m²

Fonte: Os autores

As imagens obtidas com o termovisor Testo 881-1 e analisadas pelo software *IRSoft Testo*, demonstram que as temperaturas das superfícies internas variam entre 25,1°C (CS1) e 29,3°C (HS1) - Figura 3. Este valor de temperatura máxima ocorre na porção superior da parede que está orientada a Oeste e está diretamente relacionada com a radiação solar externa; nas porções inferiores, mais frias, as paredes são internas; percebe-se que as temperaturas da laje de forro se encontram acima dos 27°C. Neste sentido, percebe-se a relação entre as análises quantitativas das superfícies da envoltória da Tabela 1 e a análise termográfica destas mesmas superfícies.

Figura 3 - Imagem infravermelho sala de aula, vista Oeste: 17/12/2019, 16:30 h, parcialmente nublado.



Fonte: Os autores

Para esta mesma sala de aula, nos resultados do seguimento das variáveis ambientais por estações do ano apresentados na Tabela 2, observa-se a ocorrência de baixas

temperaturas nos períodos de inverno, porém, também na primavera e no outono, ficando abaixo dos limites inferiores de conforto térmico de Givoni (1992). Para as observações das temperaturas máximas, ocorrem igualmente ao longo de todo o ano, sempre acima dos limites superiores de conforto. Com relação à umidade relativa do ar, as mínimas se situam acima dos 40%. Essas características reforçam as condições de clima local complexo, com amplitudes térmicas elevadas, diárias e sazonais, e de clima úmido, tipicamente relacionada ao clima subtropical úmido de altitude (Caf), de acordo com a classificação de Köppen, modificada por Trewartha (1980). As avaliações são também realizadas pela interface gráfica dos data-loggers por meio do ComSoft Basic 5.0 Testo.

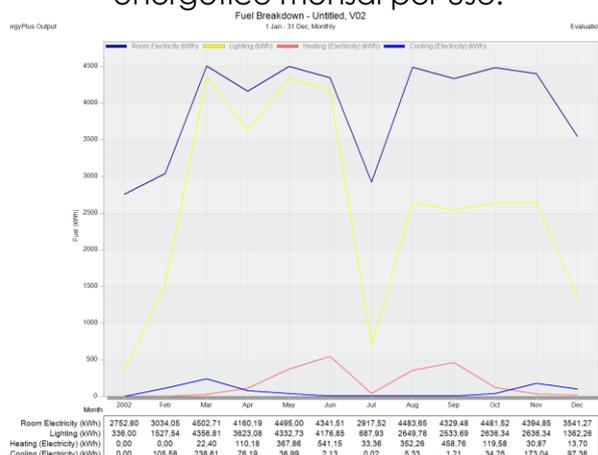
Tabela 2 Variáveis ambientais: datalogger teste 175-H2, S. 8/R2

Período	Temperatura (°C)			Umidade (%UR)		
	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média
Inverno 09/05/2018-31/07/2018	10,3	27,7	18,167	41,6	98,4	77,438
Primavera 15/08/2018-07/11/2018	10,6	28,5	20,728	50,8	99,9	80,250
Verão 12/12/2018-06/03/2019	20,8	31,7	26,048	54,7	90,8	80,641
Outono 20/03/2019-21/06/2019	14,1	30,0	21,853	43,8	99,0	82,153
Inverno 21/06/2019-25/09/2019	9,0	28,8	18,890	44,8	98,3	74,775
Primavera 25/09/2019-17/12/2019	17,5	31,2	23,815	34,0	94,2	73,235

Fonte: Os autores

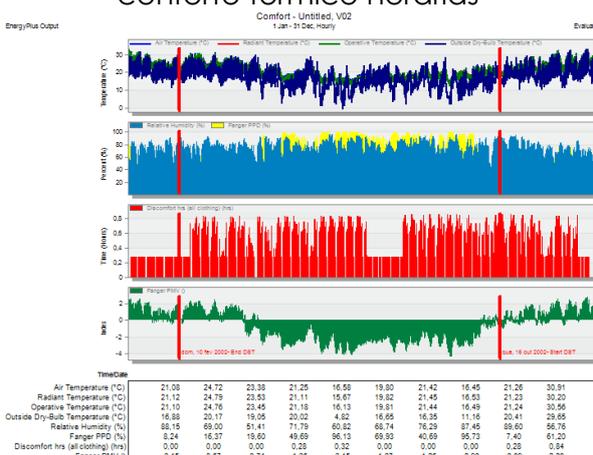
Outras análises estão sendo desenvolvidas com relação às demais variáveis descritas anteriormente, com a implementação de diferentes ferramentas de avaliação: iluminação (COSTA et al., 2017; MORSCH et al., 2017), com a proposta de melhorias para os sistemas de iluminação natural, artificial e sua integração.

Figura 4 Simulação do desempenho energético mensal por uso.



Fonte: Os autores

Figura 5 Simulação das condições de conforto térmico horárias.



Fonte: Os autores

Sobretudo, para este trabalho, é relevante apresentar que os edifícios podem ser objeto de simulações do desempenho térmico, energético e de conforto dos usuários. A pesquisa adota como referência o programa DesignBuilder e sua interface com o EnergyPlus, como representa a Figura 4 para o desempenho energético e, a Figura 5, para as condições de conforto térmico deste mesmo edifício.

4 CONCLUSÕES

De acordo com o estudo, as ações da Universidade sobre sustentabilidade estão em processo de implementação e consolidação, identificando-se procedimentos institucionais para a inserção de uma política ambiental e social nos regimentos acadêmicos. A estrutura que gera a solidez desta visão proporciona uma tradução em planos de metas e ações a serem cumpridas, atendendo aos objetivos formulados. A construção da política social e de meio ambiente, sinaliza uma mudança de paradigmas dentro da Universidade, porém é imprescindível que sejam estabelecidos procedimentos eficientes para a inclusão da sustentabilidade na Universidade de forma transversal, mas com comprometimento e responsabilidades em cada etapa do processo de tomada de decisões.

Em suma constata-se a importância de um planejamento apropriado, levando em conta aspectos físicos como o terreno e topografia, orientação solar, entorno, escolha de matérias, análise de sombras e disposição de um layout adequado para a função desejada, tornando-se estas análises imprescindível para uma edificação dotada de exigências humanas e ambientais que o projeto deva suprir. A arte de projetar não deve ser apenas um jogo compositivo em que o resultado final seja uma forma visivelmente interessante. O domínio das ferramentas projetuais, aliado à preocupação com o bem-estar humano, vinculado diretamente a aspectos sustentáveis, devem ser levados em conta para que a obra seja realmente considerada Arquitetura. Neste sentido, se faz relevante a discussão das práticas concretas já adotadas pela Universidade de Passo Fundo, bem como propor estratégias para a inclusão das demais práticas ainda não consolidadas e/ou consideradas.

A aplicação das metodologias, bem como das ferramentas de análise e diagnóstico da ecoeficiência do parque universitário construído revelam grande potencial de aquisição de informações e consequente geração de um grande banco de dados. Esses dados contribuirão para a implementação de ações práticas nas edificações existentes, visando à qualificação do ambiente construído aliado à ecoeficiência do uso dos recursos naturais. Finalmente, deve-se evidenciar que estudos voltados ao tema da análise de ecoeficiência nos centros universitários podem contribuir efetivamente para o envolvimento de todos os agentes da comunidade acadêmica, seja nas transformações sociais em direção à sustentabilidade, seja reforçando o papel da Universidade na formação de profissionais responsáveis e comprometidos com este processo.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2013a.

_____. **NBR 5413**: Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro: ABNT, 2013b.

ASSUMPÇÃO, L.F.J.; PELUSO, R.M.B.; FRESCHI, M. **Manual do sistema de gestão ambiental**. Universidade de Passo Fundo, 2011.

BOSCH GONZALES, M. et al. **Avaluació energètica d'edificis**: experiència de la UPC. Barcelona: Edicions UPC, 2006.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Portaria INMETRO 372/2010 de 17 de setembro de 2010**. Disponível em:<<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001599.pdf>>. Acesso em: 18 set.

2017.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Portaria n.º 299, de 19 de junho de 2013**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001982.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2017.

COSTA, L. F. et al. Verificação da eficiência energética do sistema de iluminação em edifício universitário. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 6, 2017, Passo Fundo. **Anais**. Passo Fundo: IMED, 2017. p.51 – 58.

CUCHÍ I BURGOS, A. **La qualitat ambiental als edificis**. Barcelona, Generalitat de Catalunya, 2009.

DALMOLIN, B. M.; MORETTO, C. M. (Org.) **Política de Responsabilidade Social 2013/2016**. Passo Fundo: Ed. UPF, 2014.

DE DEAR, R. J.; BRAGER, G. S. Thermal comfort in naturally ventilated buildings; revisions to ASHRAE Standard 55. **Energy and Buildings**, July 2002, v. 34, issue 6, p. 27-49.

FANGER, P. P.; TOFTUM, J. Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates. **Energy and Buildings**, July 2002, v. 34, issue 6, p. 533-536.

FRANDOLOSO, M. A. L. **La inserción de la eficiencia energética en los edificios universitarios brasileños: las políticas y los procesos de toma de decisiones**. Tese (Doutorado em Arquitetura, Energia e Meio Ambiente) – Escola Técnica Superior d'Arquitectura, Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona: UPC, 2018. <http://www.tdx.cat/handle/10803/461416>.

_____. As decisões para a inserção da eficiência energética em parque construído universitário. **Brazilian Journal of Development**, v.5, p.14202 - 14214, 2019.

FRANDOLOSO, M. A. L.; CUCHÍ I BURGOS, A.; CUNHA., E. G. da. The application of eco-efficiency in university buildings: policies and decision-making processes In: **Towards Green Campus Operations: Energy, Climate and Sustainable Development Initiatives at Universities**. 1 ed. Berlin: Springer, 2018, p. 141-158.

GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, 1992, vol. 18, p. 11-23.

LEHMANN, M. et al. University engagement and regional sustainability initiatives: some Danish experiences. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, issue 12, august 2009, p. 1067-1074.

LÓPEZ PLAZAS, F. **Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación**. Tese (Doutorado em Arquitetura). - Departament de Construccions Arquitectòniques I, Programa Àmbits de Recerca en l'Energia i el Medi Ambient a l'Arquitectura, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2006.

MORSCH, M. R. S. et. al. Iluminação natural em salas de aula: estudos de caso V2 da Universidade de Passo Fundo. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 6, 2017, Passo Fundo. **Anais**. Passo Fundo: IMED, 2017. p. 298 – 307.

REBELATTO, Bianca G. **Eficiência Energética nas Universidades: uma contribuição para o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 7**. Dissertação (Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Passo Fundo, 2020.

REBELATTO, B. G.; FRANDOLOSO, M. A. L.; FRITSCH, R. C. Envelope assessment of university building on South Brazil reaching the eco-efficiency. In: SUSTAINABLE URBAN COMMUNITIES TOWARDS A NEARLY ZERO IMPACT BUILT ENVIRONMENT - SBE16 BRAZIL & PORTUGAL, 2016, Vitória - ES. **Proceedings of SBE16**. Vitória - ES: Universidade do Minho - Universidade Federal do Espírito Santo, 2016. p.217 – 226.

TREWARTHA, G. **An introduction to climate**. 5a ed. New York: McGraw-Hill, 1980.

UPF UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO. **Plano de desenvolvimento institucional: plano quinquenal para o desenvolvimento institucional da Universidade de Passo Fundo 2017 - 2021**. Passo Fundo: Comissão do Plano de Desenvolvimento Institucional, 2016.