

MÉTODO INTEGRADO PARA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS APLICADOS A RETROFIT DE EDIFICAÇÕES¹

MONTEIRO, M.B., Universidade de Brasília / UNUEURO, arquitetomarcelo.mm@gmail.com;
AMORIM, C.N.D; Universidade de Brasília, clamorim@unb.br

ABSTRACT

The paper intends to demonstrate an integrated analysis method to select energy efficient building systems applied to office buildings, which will be intervened through the retrofit technique. The analyzes begin with the choice of materials and construction systems, considering that they are in line with the passive architecture of the building, followed by the measurement of the energy incorporated, the consumption and impact to the environment of these and the quantification of the end use of energy when implanted in the building. By means of the parametrization of the units of measure obtained in a single, the primary energy, will enable the reconfiguration of the constructive systems under analysis through the trade-off and chain management, thus producing, an integrated and refined analysis of the potential of the indicated constructive systems to be applied in the intervention, and is part of a doctoral thesis in development.

Keywords: Sustainability. Analysis. Embodied. Energy

1 INTRODUÇÃO

A trabalho objetiva evidenciar método de análise integrada de sistemas construtivos e eficiência energética com *trade-off* aplicados a *retrofit*², na busca de decisões amparadas em considerações holísticas e pontuais no que tange o objeto, o local, adequações a zona bioclimática, tipo de ocupação da edificação, e a possibilidade de que um sistema construtivo seja a melhor opção relativo ao menor consumo energético incorporado e de impacto ao meio ambiente, corroborando com a redução no consumo do uso final de energia na edificação, e é parte de tese de doutorado em curso.

O método pretende amparar as decisões na seleção de sistemas construtivos eficientes energeticamente quando na intervenção de edifícios de escritórios pela técnica de *retrofit*. O início da análise se dá na seleção de materiais e sistemas construtivos, considerando se há vantagem para o sistema de arquitetura passiva do edifício, continuando por análises físicas e de consumo energético do ciclo de vida dos sistemas construtivos que se tem intenção em aplicar no edifício.

A análise integrada dos sistemas construtivos deriva para a quantificação de energia incorporada, mensuração do consumo de meio ambiente na produção dos materiais que os compõem, na quantificação do uso final de energia quando na aplicação no edifício, conversão das unidades quantificadas em energia primária, gestão de cadeia, reconfiguração dos

¹ MONTEIRO, M.B.; AMORIM, C.N.D. Método integrado para análise de eficiência energética de sistemas construtivos aplicados a retrofit de edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

² Qualharini (2000) descreve *retrofit* como sendo o processo de interferir em uma benfeitoria, que foi executada em padrões inadequados às necessidades atuais.

sistemas construtivos por meio do *trade-off* e a reaplicação em um novo contexto, para que sejam novamente reavaliados, produzindo assim, análise refinada do potencial dos materiais indicados para compor o banco de dados de recomendação para aplicação no edifício em intervenção.

2 OBJETIVO

Evidenciar a viabilidade em integrar num só método, as análises de energia incorporada, o uso final de energia no edifício, e o impacto no meio ambiente dos sistemas construtivos aplicados a edifícios de escritórios que passarão por *retrofit*, parametrizando em energia primária todos os valores obtidos das análises, e a realização de *trade-off* dos materiais que compõem os sistemas construtivos, pós reanálises e recomposição por meio de gestão de cadeia.

3 PARÂMETROS E APLICAÇÕES

O método proposto é aplicado em técnica de restauração *retrofit*, procedimento que corrobora com a passividade na arquitetura, reconfigura a melhor condição energética e ambiental do edifício ALMEIDA (2017), como tratado por CARVALHO, (2017) a envoltória do edifício é parte contribuinte nas ações passivas, tem relevância significativa na redução do consumo energético e no uso final da energia, é necessária a ponderação quando na aplicação dos materiais e sistemas construtivos para esse fim, em regiões quentes por exemplo, o custo energético incorporado é de 10 a 15% maior que em regiões frias BALOUKTSI (2016), o método proposto considera o trato da envoltória do edifício em colaboração com o sistema de arquitetura passiva, considerando imprescindível a atenção ao custo energético incorporado, ao impacto ambiental, e a colaboração na redução do consumo de energia primária em todo ciclo de vida do edifício.

A tipologia arquitetônica de edifício de escritórios foi selecionado para aplicação no método proposto, devido ao consumo significativo no uso final energia, e por apresentar resultados expressivos quando na aplicação do *retrofit*, pois, segundo LARA, (2006) edifícios de escritórios têm consumo considerável no uso final de energia para suprir as necessidades de iluminação artificial e condicionamento de ar, as estratégias aplicadas na envoltória do edifício para mitigar o uso iluminação artificial e ar condicionado apresenta resultado na redução de até 30% no consumo de energia elétrica.

4 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo GIORDANO, (2015) não é possível definir a eficiência energética de um edifício levando em consideração apenas a EO - Energia Operacional, é necessário considerar o consumo de EI - Energia Incorporada dos sistemas construtivos, logo, considerando a somatória dos valores como indicador de consumo do edifício.

A escolha da técnica de *retrofit* para o método é por ser intrínseco a sustentabilidade, segundo MORAES, (2011) o *retrofit* além de favorecer os

aspectos das dimensões da sustentabilidade também favorece o impacto na paisagem urbana, segundo CRAWFORD, (2015) o *retrofit* proporciona a ampliação da eficiência do edifício conforme é corroborado em estudos realizados, que identificou na ampliação no uso do edifício de 50 para 150 anos redução da energia incorporada nos materiais em 29%.

Segundo FERREIRA e FRANK, (2000) para determinar o custo energético incorporado nos insumos dos sistemas construtivos, a opção da aplicação da ferramenta de análise do ciclo de vida – ACV, com base na ISO ANBT 14.040: 2009 é largamente usada em diversos estudos e ainda segundo CHANG, (2014) consegue quantificar o consumo energético incorporado e impactos ao meio ambiente.

A Pegada Ecológica (PA) ou *Ecological Footprint* (EF), que WACKERNAGEL e REES apresentaram em 1996, é capaz de determinar o consumo ambiental para a existência e continuidade de determinada intervenção construtiva e urbana, segundo VAN BELLEN, (2006) é ferramenta capaz de quantificar todos os fluxos de energia e materiais que trafegam em um certo contexto, e consegue determinar quanto equivale de recursos do meio ambiente por área.

O termo *trade-off* ou *tradeoff* é originária do inglês que significa o ato de escolher uma coisa em detrimento de outra e muitas vezes é traduzida como "perde-e-ganha" LIMA (2011), segundo QUALHARINI, (2000) descreve o *retrofit* como sendo o processo de interferir em uma benfeitoria, que foi executada em padrões inadequados às necessidades atuais.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS

A abordagem da pesquisa segue três linhas de exploração no decorrer do método proposto:

1. Dedutivo, para determinar o fluxo de ações com base nas premissas gerais, que se definem com a escolha primária de determinado sistema construtivo a ser aplicado no edifício;
2. Indutivo, para avaliar os sistemas construtivos por meio de análise integrada e classifica-los para a fase de compensação;
3. Estatístico, qualitativo e quantitativo, para conclusões na seleção dos sistemas construtivos a serem aplicados no edifício.

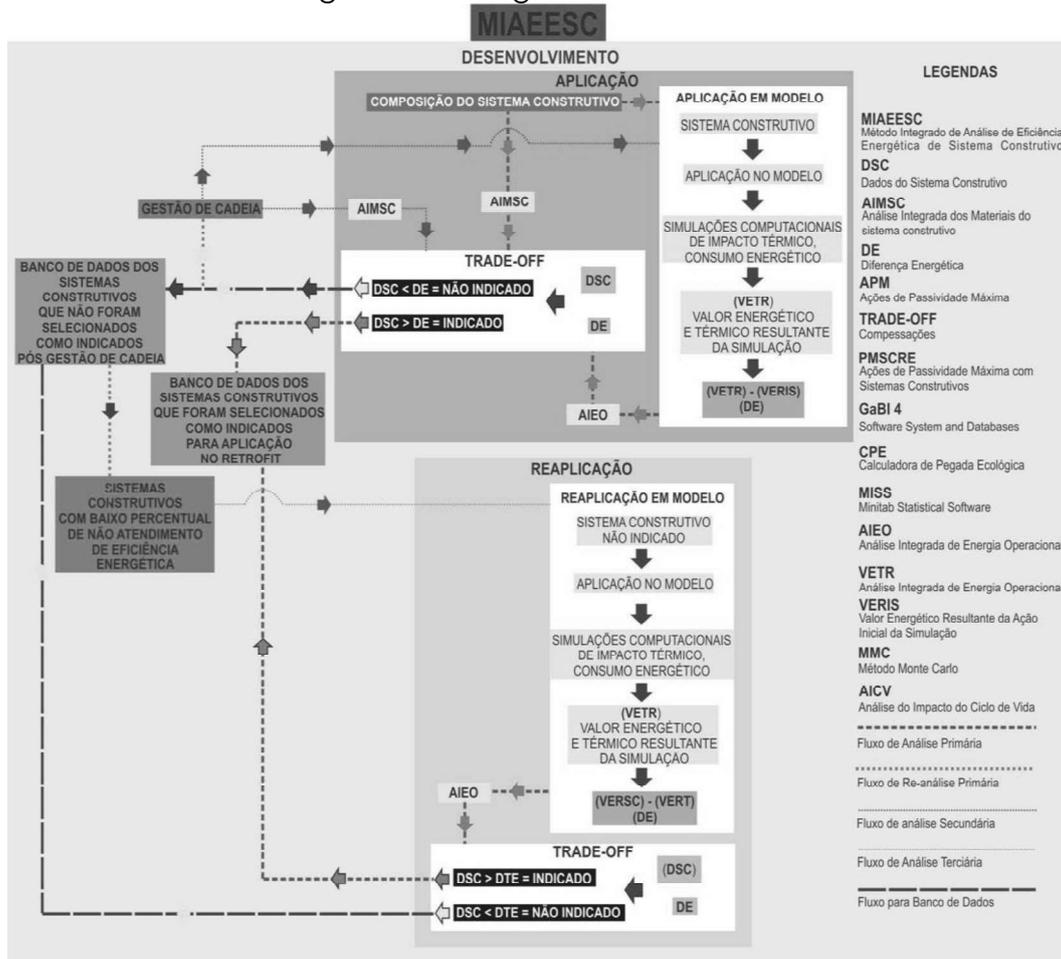
As técnicas de pesquisas são guiadas por meio de material bibliográfico, projetos arquitetônicos e de instalações, simulação de comportamento energético por *softwares*, levantamento de informações in loco, e aplicação de métodos variados de mensuração energética.

O desenvolvimento do método segue em fases e inicia-se com as análises do sistema da arquitetura passiva do edifício, seguindo por pesquisas e reanálises relativos ao consumo energético incorporado, impacto ao meio ambiente e uso final de energia.

5.1 Fluxograma do Método – Aplicação de Todas as Fases

As análises ocorrem em fases e seus resultados definem o direcionamento para as próximas, gerando banco de dados integrado a planilhas de alteração, que possibilitarão o dinamismo nas intervenções no edifício, e as alterações que vão influenciar no *trade-off* e gestão de cadeia, subsidiando a substituição dos materiais, sistemas construtivos e mudança de determinada estratégia de intervenção, conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma do Método



Fonte: Produzido pelo Autor

5.2 Fases Integrantes do fluxograma

Serão apresentados nos itens subsequentes as fases relativas ao desenvolvimento do método, que segue esquema de ordem definido por meio de fluxos, conforme demonstrado na Figura 1.

5.2.1 Fase Aplicação no Modelo - AM

A fase inicial dar-se-á com a Aplicação no Modelo, que simula computacionalmente o edifício de intervenção e avalia a condição energética consequente, objetiva-se a obtenção do Valor Energético Resultante da Ação Inicial da Simulação.

5.2.2 Fase PMSCRE – Passividade Máxima do Sistema Construtivo

Nessa fase aplica-se a simulação computacional no edifício com o sistema construtivo a ser considerado, ou seja, busca-se verificar a vantagem na aplicação de determinado sistema construtivo em relação ao edifício sem esse, então, será simulado novamente para verificar o resultado e obter o Valor Energético Resultante da Simulação com o Sistema Construtivo.

5.2.3 Fase AIMSC – Análise Integrada dos Materiais do Sistema Construtivo

Será realizado a Análise integrada dos Materiais do Sistema Construtivo, e os valores resultantes da análise dos impactos identificados serão parametrizados em unidade única de energia primária.

5.2.4 Fase AIEO – Análise Integrada de Energia Operacional

Os sistemas construtivos passarão por Análise Integrada de Energia Operacional, que irá definir a participação no consumo energético do edifício por meio de mensuração e parametrização em energia primária.

5.2. 5 Fase AIMSC – Análise Integrada dos materiais dos Sistemas Construtivos

A relação da Análise Integrada dos Materiais dos Sistemas Construtivos, a Passividade Máxima dos sistemas construtivos para Redução Energética, a Análise da Passividade Máxima e a Análise Integrada de Energia Operacional são organizadas em fluxos e produz a integração dos dados resultantes.

5.2.6 Fase VERIS – Valor Energético Resultante Inicial da Simulação

O consumo energético pós-aplicação do sistema construtivo será considerado na avaliação da eficiência energética em relação a energia consumida antes do Valor Energético Resultante, produto das Ações de Passividade Máxima, a partir dessa avaliação chega-se ao valor Diferença Energética e passará pela Análise Integrada de Energia Operacional.

5.2.7 Fase TRADE-OFF – Compensação Energética

Na Fase de *TRADE-OFF* o sistema construtivo pós Análise Integrada dos materiais dos Sistemas Construtivos serão indicados para o banco de dados de rejeito ou para o banco de dados de uso.

O Sistema Construtivo em análise quando no banco de dados de rejeito passará ainda por reanálise no processo de Gestão de Cadeia, quando o percentual for inferior a 10% de diferença da análise anterior, poderá ser selecionado como viável, e passará a fazer parte do banco de dados de uso.

5.2.8 Fase Aplicação no Modelo – Gestão de Cadeira e Trade-Off

Os Sistemas Construtivos passarão pela Gestão de Cadeira e terão seus materiais de composição reconfigurados e submetidos a uma nova Análise

Integrada dos materiais dos Sistemas Construtivos, e nova simulação, onde os resultados irão definir a indicação ou não para compor o banco de dados de uso.

5.2.9 Fase Reaplicação no Modelo – Sistema Construtivo com Baixo impacto Energético

A seleção dos Sistemas Construtivos que passarão por nova reaplicação em relação a outro similar em análise, será o que se verificar como a melhor contribuição no contexto geral de análise integrada, ou seja, o que tenha o menor percentual.

6 CONCLUSÕES

O método de análise integrada apoia-se em estudos que defendem a seleção de sistemas construtivos considerando baixa energia incorporada, colaboração na redução do uso final de energia, e menor impacto ao meio ambiente, apresenta também a parametrização das unidades de mensuração das análises em unidade energética primária, produção de banco de dados relativo aos sistemas construtivos com média ponderada de eficiência energética e menor impacto ao meio ambiente, para subsidiar a aplicação dos sistemas construtivos no edifício durante o processo de *retrofit*. Pretende-se, nas fases posteriores da presente pesquisa, parte de tese de doutorado em andamento, testar o método através de sua aplicação em estudo de caso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade de Brasília pelo apoio no doutorado em andamento na disponibilização de recursos humanos, material e tecnológicos necessários para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.220 – Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ALMEIDA, G.A. Gestão da qualidade aplicada ao Processo de Manutenção, Reforma e Retrofit de Edificações: Estudo de Caso em Uma empresa Holding de Educação Básica. Disponível em:<https://kipdf.com/gestao-da-qualidade-aplicada-ao-processo-de-manutencao-reforma-e-retrofit-de-edif_5aac2dac2a81723dd13c20ce915.html>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575** - Partes 1- 6: Desempenho de Edifícios Habitacionais. Rio de Janeiro, 2013. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.220 – Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR ISO 14.040**: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e Estrutura, Rio de Janeiro.

BALOUSKTSI, M.; Lützkendo. Energy efficiency of buildings: the aspect of Embodied energy. **Energy Technol**, 2016. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ente.201500265>>.

CARVALHO, A.L. Edifícios de escritórios de baixas necessidades de energia – Contributo da arquitetura e soluções passivas para soluções de custo-ótimo. Disponível em: <www.repositorio.ul.pt/handle/10451/30371>.

CHANG, Y.; RIES, R.J.; MAN, Q.; WANG, Y. Disaggregated I-O LCA model for building product chain energy quantification: A case from China. 2014. Disponível em: <www.sciencedirect.com/Science/article/pii/S037877813008426>.

CRAWFORD, R.; RAUF, A. Building service life and its effect on the life cycle embodied energy of buildings, 2015. Disponível em: <www.sciencedirect.com/Science/article/pii/S0360544214012547>.

LAMBERTS, R.; TRIANA, M. A. Relatório Estado da Arte. **Capítulo Energia**, 2007. Projeto Tecnologias para a Construção Habitacional mais Sustentável. Disponível em: <http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-2_energia.pdf>.

LARA, V. C. D.; ALUCCI, M.P. O Uso de Tecnologias passivas e a Eficiência Energética no Edifício Sede dos Correios, em Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC200>.

LIMA, I. A. Designing building energy efficiency programs for greenhouse gas reductions. 2011. Disponível em: <www.sciencedirect.com/article/pii/S030142151100423X>.

MILLER, B.; KATIA. Modelo Parametrizado de Acv: Aplicação em Sistemas Construtivos com Estudo de Caso em Vedações Verticais, UNB, 2014. Disponível em: <<https://vdocuments.site/documents/tese-de-doutorado-da-katia-miller.html>>.

GIORDANO, L.; VALENTIN, S.; TORTALLA, E.; VERONICA, V.; AGHERMO, C. Embodied Energy and Operational Energy assessment in the framework of Nearly Zero Energy Building and Building Energy Rating. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215025138>.

MORAES, V. T. F. Propostas e diretrizes para projeto de "Retrofit". O caso de uma edificação para atividade de ensino. 2011. 199f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Gestão), - **LATEC - Universidade Federal Fluminense**, Niterói, 2011.

QUALHARINI, E. L. Manutenção e Reabilitação das Instalações Prediais no Processo de Projeto de Edifícios Residenciais Multifamiliares. Disponível: <www.lem.ep.usp.br/gpse/es23/anais/MANUTENCAO_E_REABILITACAO_DAS_INSTALLACOES-PROJETO_DE_EDIF.pdf>.

RTQ-C. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. Disponível em:

<www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/RTQ-Cportaria%20372.2010.pdf>.

TAVARES, F., Sergio, **Tese de Doutorado**. Florianópolis. 2006. Disponível em: http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/TESE_Sergio_Fernando_Tavares.pdf.

VAN BELLEN, H. M. Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa. 2. ed. Rio de Janeiro: **Fundação Getúlio Vargas**, 2006.

WACKERNAGEL, M., Rees, W.E., 1996. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. **Gabriola Press New Society Publishing, B.C.**