MADA: desenvolvimento de uma ferramenta interativa de análise de dados de avaliação pós-ocupação[1]

MORAES, Odair Barbosa de (1)

(1) Universidade Federal de Alagoas, odair.moraes@delmiro.ufal.br

RESUMO

A Avaliação Pós-Ocupação (APO) é considerada um dos principais métodos de retroalimentação do processo de projeto e avaliação de desempenho. Com um amplo arcabouço de ferramentas qualitativas e quantitativas, destacamos os questionários pela sua facilidade de aplicação e tabulação dos dados. Apesar dos avanços metodológicos da APO, os dados dos questionários ainda têm sido subutilizados, restringindo-se muitas vezes a análises descritivas, devido, muitas vezes, a ausência de ferramentas acessíveis para o aprofundamento das análises. Este artigo descreve os primeiros resultados no desenvolvimento do MADA (Modelagem Modular de Análise de Dados de APO), uma ferramenta desenvolvida em Python, com auxílio de inteligência artificial, para análise estatística e visualização de dados provenientes de estudos de APO. Nesta etapa, a ferramenta integra técnicas de bootstrapping, estatísticas descritivas e geração de gráficos em uma interface com boa usabilidade, permitindo a exploração de dados provenientes de APOs. Os testes iniciais, demonstram que após aprimoramento e validação, o MADA tem potencial para consolidação como recurso acessível e eficaz para pesquisadores e profissionais da área, sem a necessidade de conhecimento prévio de programação.

Palavras-chave: Avaliação Pós-Ocupação; Questionários; Inteligência Artificial; Python.

ABSTRACT

Post-Occupancy Evaluation (POE) is considered one of the main feedback methods in the building design process and performance assessment. Among its broad set of qualitative and quantitative tools, questionnaires stand out due to their ease of application and data tabulation. Despite methodological advances in POE, questionnaire data remain underutilized, often limited to descriptive analyses—largely due to the lack of accessible tools for more in-depth processing. This paper presents the initial results of the development of MADA (Modular Analysis Modeling for POE Data), a tool developed in Python, with the support of artificial intelligence, for statistical analysis and data visualization from POE studies. In this stage, the tool integrates bootstrapping techniques, descriptive statistics, and graph generation within a user-friendly interface, enabling effective exploration of POE data. Initial tests indicate that, after refinement and validation, MADA has the potential to become an accessible and effective resource for researchers and professionals in the field, without requiring prior programming knowledge.

Keywords: *Post-Occupancy Evaluation; Questionnaires; Artificial Intelligence; Python.*

[1] MORAES, Odair Barbosa de. MADA: desenvolvimento de uma ferramenta interativa de análise de dados de avaliação pós-ocupação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2025, São Paulo. **Anais**... São Paulo: FAUUSP, 2025. p. 1-8. DOI 10.46421/sbqp.v9i.7762

1 INTRODUÇÃO

A Avaliação Pós-Ocupação (APO) tem ganhado destaque nas últimas décadas como uma abordagem crítica para analisar o desempenho de ambientes construídos a partir da experiência dos usuários. A literatura internacional consagra o termo *Post-Occupancy Evaluation (POE)*, utilizado para se referir a processos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre o uso real de edifícios. A metodologia da APO evoluiu consideravelmente, passando de avaliações pontuais e descritivas para sistemas integrados que articulam medições físicas, percepções subjetivas e tecnologias digitais.

No cenário internacional, Li, Froese e Brager (2018) destacam a importância crescente da APO em razão da busca por maior eficiência energética, melhor qualidade ambiental e satisfação dos usuários. No Brasil, a APO iniciou-se de forma embrionária nos anos 1980, com foco em edificações institucionais e educacionais, frequentemente conduzidas por universidades e grupos de pesquisa e tem se consolidado como uma importante ferramenta na pesquisa sobre qualidade e processo de projeto (Ornstein (2017).

No entanto, a aplicação da APO enfrenta desafios significativos. Göçer, Hua e Göçe (2015) destacam entre os desafios, a fragmentação entre os agentes envolvidos no projeto, operação e uso das edificações, que raramente participam do processo de APO, o que dificulta a retroalimentação do projeto com base na experiência real dos usuários, e as barreiras institucionais como a ausência de financiamento, falta de tempo e de protocolos bem definidos para execução da APO, além da da subvalorização das percepções subjetivas, muitas vezes em detrimento de medições técnicas descontextualizadas da experiência do usuário .

No Brasil, a necessidade de desenvolvimento e integração de ferramentas de análise mais robustas no ciclo da APO são essenciais para rompermos o nível de anaĺises descritivas e pontuais e buscarmos estabelecer teorias baseadas em dados. Ornstein (2017) destaca por exemplo a necessidade de incorporação da automação na coleta e no processamento de dados de campo da APO identificados por Fabrício, Ono, (2015) e Villa, Saramago e Garcia, (2016). Göçer, Hua e Göçer (2015) expandem a classificação proposta por Preiser (1988) de três níveis (APO indicativa, investigativa e diagnóstica) para propor a integração entre a APO e ferramentas como BIM (Building Information Modeling) e GIS (Geographic Information Systems), com o objetivo de criar plataformas colaborativas de feedback para todos os atores envolvidos no ciclo de vida do edifício.

Buscando incorporar as tecnologias digitais, destacamos no Brasil os trabalhos que vêm sendo desenvolvidos pelo Grupo Mora - Pesquisa em Habitação da Universidade Federal de Uberlândia/Minas Gerais. Villa et al. (2023) realizaram revisão da literatura sobre a inovações tecnológicas na APO, destacando que tecnologias como IoT (Internet das Coisas), Realidade Aumentada (RA), sensores e GPS podem revolucionar a APO, tornando-a mais dinâmica, eficiente e interativa. Neste sentido, os autores vêm desenvolvendo alguns projetos, com destaque para o Sistema APO Digital: plataforma interativa que substitui questionários em papel por ferramentas digitais, com banco de dados para análise automatizada e o Aplicativo "Como Você Mora?": desenvolvido para Android, facilita a coleta de dados e gera relatórios visuais sobre qualidade habitacional.

Villa et al (2023) destacam ainda que poucos estudos combinam APO com tecnologias avançadas (apenas 28 artigos relevantes identificados em 3.988 resultados de pesquisas em bases bibliográficas) e ainda falta de abordagens que integrem dados técnicos (ex.: eficiência energética) com comportamentais (ex.: satisfação dos usuários).

Dentre os instrumentos de coleta de dados, os questionários ocupam papel central nos estudos de APO. Sua popularidade deve-se à capacidade de captar opiniões, preferências e percepções de conforto dos ocupantes de forma estruturada e replicável. Li, Froese e Brager(2018) realizaram revisão crítica de 146 projetos de APO conduzidos entre 2010 e 2017, evidenciando que os métodos mais empregados envolvem questionários aplicados aos usuários (81,5%), seguidos de medições físicas do ambiente (temperatura, iluminação, ruído e qualidade do ar) e entrevistas com ocupantes .

Contudo, o uso indiscriminado de questionários também apresenta limitações. A padronização excessiva pode mascarar especificidades culturais e contextuais, especialmente em países com alta diversidade socioeconômica como o Brasil. Ornstein (2017) ressalta a necessidade de adaptação dos instrumentos à realidade local e de triangulação com outros métodos como observações diretas, entrevistas qualitativas e medições ambientais.

Diante do exposto, observa-se um movimento em direção ao uso de tecnologias digitais na aplicação de questionários, como tablets, plataformas online e sistemas integrados a sensores ambientais. Essa tendência aproxima a APO de um modelo contínuo de monitoramento, contribuindo para a manutenção predial, o redesenho de espaços e o aprimoramento de normas técnicas.

Cabe salientar que o incremento nas inovações tecnológicas em APO deve vir acompanhado de ferramentas de análise consistentes, robustas e adequadas aos tipos e volumes de dados coletados. Neste sentido, destacamos a necessidade de ampliar o conjunto de técnicas aplicadas à análise de dados de APO, indo além de estatísticas descritivas, buscando incorporar por exemplo, análise de bootstrapping para definição de intervalos de confiança, principalmente em amostras pequenas, análises multivariadas de dados para estabelecer modelos de dependência ou interdependência entre variáveis e ferramentas de lógica *fuzzy* para o tratamento de variáveis subjetivas.

Neste artigo são descritos e analisados os resultados iniciais de um processo interativo e iterativo de modelagem computacional auxiliado por Inteligência Artificial (IA) de uma ferramenta modular de análise de dados de APO, utilizando-se a linguagem de programação *Python*. Esta primeira etapa teve como objetivo verificar as possibilidades de desenvolvimento por meio da implementação de ferramentas de geração de gráficos, estatísticas clássicas paramétricas e análise de *bootstrappin*g para construção de intervalos de confiança. Espera-se contribuir para a aplicação e disseminação de métodos estatísticos mais robustos e consistentes para dados de APO, notadamente para dados em escalas qualitativas.

2 MÉTODO

O desenvolvimento desta aplicação foi conduzido de forma interativa e iterativa,

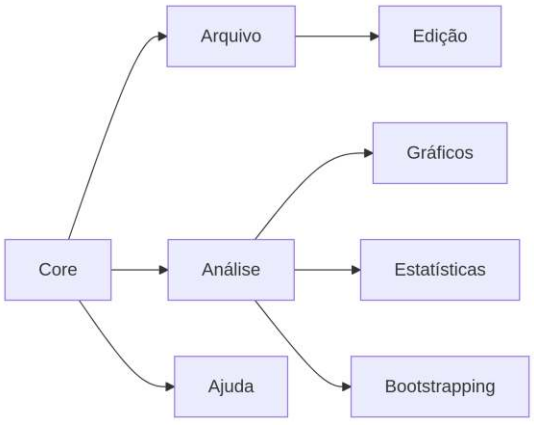
combinando o refinamento contínuo de funcionalidades com decisões guiadas por necessidades práticas e *feedback* do desenvolvedor/programador. Cabe destacar que a utilização de inteligências artificiais (IAs) generativas baseadas em modelos de linguagem natural, para a geração de código-fonte em aplicações computacionais, levanta preocupações éticas significativas.

Entre os principais desafios estão a dependência excessiva do programador em relação à ferramenta, a possibilidade de plágio ou violação de direitos autorais, a falta de compreensão crítica do código gerado e a ausência de responsabilização clara em caso de falhas. Além disso, a IA pode gerar respostas ou códigos com imprecisões, o que exige que o programador mantenha uma postura crítica e analítica. Portanto, é necessário adotar um uso equilibrado e consciente dessas ferramentas, preservando o papel ativo do desenvolvedor e promovendo a formação ética e técnica no uso de IA no desenvolvimento de software (Silva Junior et al, 2023; Silva et al, 2024)

Neste sentido, ao utilizar a ferramenta gratuita de IA *DeepSeek Chat* (2025) em cada etapa, desde a definição da interface até a implementação de recursos como edição de dados, visualizações gráficas e análises estatísticas via bootstrapping, foram realizados ciclos sucessivos de testes, ajustes e aprimoramentos, adotando uma postura ativa e crítica do desenvolvedor. Essa abordagem colaborativa permitiu alinhar a solução técnica aos objetivos analíticos da APO, resultando em uma ferramenta funcional, acessível e em constante evolução.

A primeira etapa de construção do MADA consistiu na definição de uma arquitetura básica de ferramentas e suas funcionalidades. A Figura 1 apresenta um esquema simplificado da interface desejada. Esse conjunto básico, denominado *core,* foi dividido em três menus básicos: Arquivo (abertura, visualização e edição de dados de um arquivo em formato .csv), Análise univariada (geração de gráficos, estatísticas e *bootstrapping*) e Ajuda. Para a interface gráfica foi utilizada a biblioteca *Tkinter*, para a manipulação dos dados foram utilizadas as bibliotecas *Pandas, Numpy e Scipy* e por fim, para a geração de gráficos foi utilizada a biblioteca *Matplotlib.* Todas estas bibliotecas são nativas do *Python* e possuem código aberto e de uso livre.

Figura 1 – Concepção do MADA



Fonte: Autor (2025)

O menu Arquivo abre arquivos no formato CSV (Comma-Separated Values), permite

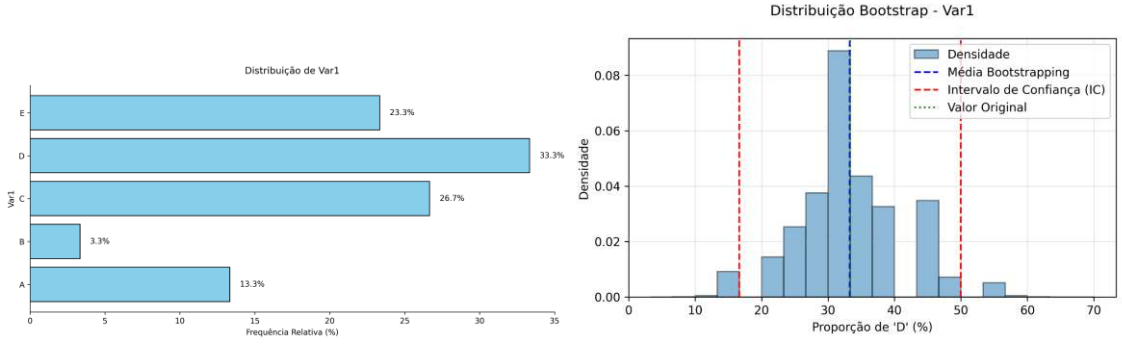
a edição de valores, ordenação por colunas e salva as alterações. No menu Análise univariada são apresentadas três possibilidades de análise: Análise Gráfica, Estatísticas e Bootstrapping. Na Análise gráfica, a aplicação detecta automaticamente variáveis qualitativas e quantitativas, gera gráficos de barras horizontais para variáveis qualitativas e histogramas personalizáveis para variáveis quantitativas. No caso de variável quantitativa exibe média e mediana e permite ajustar o número de intervalos e possui opção de salvar o resultado em formato PNG, JPG, PDF e SVG. Na opção Estatísticas, a aplicação gera tabelas de frequência, medidas centrais e de dispersão, com exportação em CSV ou Excel.

Na opção *Bootstrapping*, a primeira ferramenta, não tradicional desta aplicação para APO, é possível simular a reamostragem dos dados com visualização da distribuição amostral da média (quantitativo) ou da proporção (qualitativo).

O bootstrapping é um método estatístico não paramétrico usado para estimar a distribuição amostral de um estatística (como média, mediana, desvio padrão, etc.) por meio de reamostragem com reposição dos dados originais. Ele é especialmente útil quando a distribuição teórica da estatística é desconhecida ou complexa, o tamanho da amostra é pequeno e/ou os pressupostos de normalidade não são atendidos. O método consiste em, dada uma amostra original de tamanho N, gera-se múltiplas amostras (ex.: 1.000 ou 10.000) com reposição, cada uma do mesmo tamanho N. Para cada reamostra, calcula-se a estatística de interesse (ex.: média, proporção, etc). As estatísticas das reamostras formam uma distribuição empírica, que aproxima a distribuição amostral real. Daí, usa-se essa distribuição para calcular intervalos de confiança, erro padrão, ou viés. Este método tem como principais vantagens: não requerer suposições distribucionais (ex.: normalidade), ser aplicável a estatísticas complexas (ex.: coeficientes de regressão) e funcionar bem com amostras pequenas. No entanto, depende da qualidade da amostra original (se a amostra for enviesada, o *bootstrapping* reproduzirá esse viés) e exige um esforço computacional intensivo, muitas reamostras (Tibshirani e Efron, 1993).

Com o auxílio das bibliotecas nativas do *Python*, o esforço computacional é reduzido, sendo possível gerar milhares de reamostras de forma relativamente simples. A partir do histograma das reamostras é possível obter os intervalos de confiança, viés, erro padrão e outros coeficientes estatísticos, aplicáveis a dados tanto quantitativos quanto qualitativos (Figura 2).

Figura 2 – Gráfico de Barras para uma variável fictícia (esquerda) e resultado do Bootstrapping para a proporção da moda (direita)



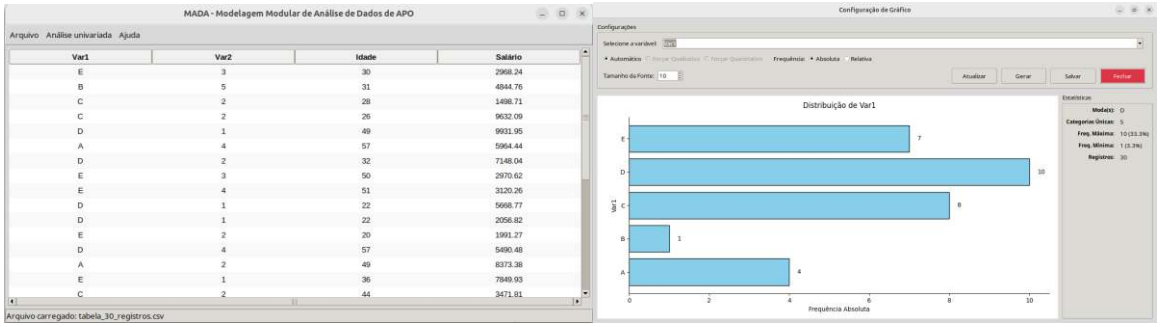
Fonte: Autor (2025)

Para a testagem da aplicação neste processo interativo e iterativo, foi necessário a geração de um arquivo de testes com dados fictícios qualitativos e quantitativos, gerado aleatoriamente por uma rotina também desenvolvida em Python. Inicialmente, foi gerado um arquivo com 30 registros e 4 variáveis, sendo 2 delas qualitativas e 2 quantitativas e posteriormente o mesmo arquivo foi ampliado para 100 registros. Os resultados desse processo e exemplos de análise são descritos na seção 3.

3 RESULTADOS

As primeiras iterações com a IA forneceram códigos de programação satisfatórios, visto que continham instruções básicas de interface gráfica para as telas iniciais da aplicação, resultando na construção dos menus iniciais. A Figura 3 (esquerda) mostra o resultado da abertura de um arquivo CSV a partir do menu Arquivo - Abrir. Nesta tela é possível fazer edição dos dados e salvar as alterações. Ao abrir um arquivo as funções de análise estão automaticamente disponíveis. A Figura 2 (direita) apresenta o resultado da opção Gerar gráfico para uma variável qualitativa.

Figura 3 – Tela de abertura de arquivo (esquerda) e geração de gráficos (direita)

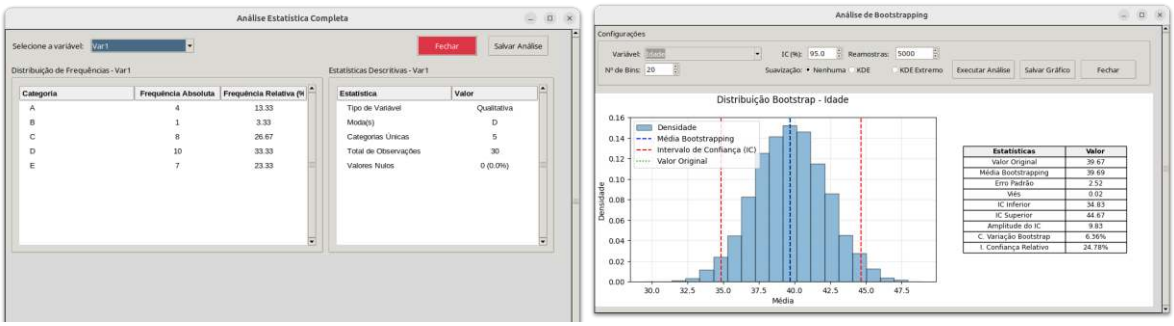


Fonte: Autor (2025)

Na Figura 4 (esquerda) podemos observar a tela de resultado da opção Estatística, a qual, ao detectar o tipo de variável (quantitativa ou qualitativa), automaticamente, apresenta as estatísticas apropriadas.

Por fim, a Figura 4 (direita), apresenta o resultado da opção Bootstrapping para uma variável quantitativa. Ao lado do gráfico são apresentados parâmetros de análise da confiabilidade dos resultados, como: Erro Padrão, Viés, Intervalo de Confiança, dentre outros.

Figura 4 – Tela de abertura de arquivo (esquerda) e geração de gráficos (direita)



Fonte: Autor (2025)

A ferramenta foi testada com dados fictícios, gerados aleatoriamente para 30 registros e 100 registros, apresentando estabilidade e convergência de resultados. A similaridade com interfaces conhecidas de planilhas eletrônicas, a portabilidade para sistemas operacionais diversos (*Windows* ou *Linux*), possível em função da linguagem de programação utilizada (*Python*), permitirá maior alcance de uso, bem como possibilitará a conversão para aplicação *web* (já em andamento).

4 CONCLUSÕES

A primeira etapa do desenvolvimento da ferramenta MADA demonstrou o potencial de soluções computacionais interativas para ampliar a robustez das análises de dados de questionários da APO, incorporando estatísticas avançadas e técnicas como o *bootstrapping*. A adoção de inteligência artificial como suporte ao desenvolvimento foi realizada de forma crítica e ética, garantindo controle humano sobre os resultados. Os testes iniciais com dados fictícios indicam estabilidade e flexibilidade da aplicação, cuja estrutura modular permitirá futuras expansões, incluindo lógica *fuzzy* e análises multivariadas. O aprimoramento da interface e a validação com dados reais representam os próximos passos para consolidação da ferramenta como recurso acessível e eficaz para pesquisadores e profissionais da área.

REFERÊNCIAS

DeepSeek. **DeepSeek Chat [Large language model]**. https://www.deepseek.com. 2025

Göçer, Özgür; Hua, Ying; Göçer, Kenan. Completing the missing link in building design process: Enhancing post-occupancy evaluation method for effective feedback for building performance. **Building and Environment**, v. 89, p. 14-27, 2015.

Li, Peixian; Froese, Thomas M.; Brager, Gail. Post-occupancy evaluation: State-of-the-art analysis and state-of-the-practice review. **Building and Environment**, v. 133, p. 187–202, 2018.

Ornstein, S. W. AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO (APO) NO BRASIL, 30 ANOS: O QUE HÁ DE NOVO?. **Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente,** [S. l.], v. 2, n. 2, p. 7–12, 2017. DOI: 10.21680/2448-296X.2017v2n2ID16580. Disponível em: https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/view/16580. Acesso em: 5 abr. 2025.

Silva, T. L. da; Vidotto, K. N. S.; Tarouco, L. M. R.; Silva, P. F. da. Inteligência artificial generativa no ensino de programação: um mapeamento sistemático da literatura. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 262–272, 2024. DOI: 10.22456/1679-1916.141553. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/141553. Acesso em: 10 abr. 2025.

Silva Junior, Silvino Marques da; Freitas, Robson Almeida Borges de; Morais, Márcio Aurélio Carvalho de; Costa, Daniel Leite Viana. ChatGPT no auxílio da aprendizagem de programação: Um estudo de caso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE), 34. , 2023, Passo Fundo/RS. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2023 . p. 1375-1384. DOI: https://doi.org/10.5753/sbie.2023.234873. Acesso em: 10 abr. 2025.

Tibshirani, Robert J.; Efron, Bradley. An introduction to the bootstrap. M**onographs on statistics and applied probability**, v. 57, n. 1, p. 1-436, 1993.