

ARCHAI: AUTOMAÇÃO INTELIGENTE E IA GENERATIVA EM WORKFLOWS BIM NO AUTODESK REVIT

Gonçalo de Vasconcelos ⁽¹⁾, Joana Mota ⁽¹⁾

(1) Ventura & Partners, Porto, Portugal

Resumo

O ArchAI – Automação Inteligente Aplicada à Arquitetura é uma iniciativa interna de I&D orientada ao desenvolvimento de plug-ins em Python integrados com o Autodesk Revit, com o objetivo de incorporar automação e princípios de Inteligência Artificial (IA) em fluxos de trabalho BIM, com particular incidência na fase de Projeto de Execução. A solução encontra-se actualmente operacional em contexto de produção, documentando este artigo a sua arquitectura, resultados preliminares e trajectória de evolução futura. A solução visa automatizar operações críticas de documentação — criação e normalização de vistas, folhas e tabelas — bem como a aplicação de convenções de nomenclatura e filtros de visualização, assegurando o cumprimento de normas gráficas e técnicas internas e reduzindo a variabilidade associada a operações manuais repetitivas.

Paralelamente, o ArchAI prevê a introdução gradual de mecanismos de IA aplicada para apoiar recomendações de configuração com base em padrões históricos de projeto (por exemplo, tipologias, estruturas de entregáveis e templates), mantendo a decisão final no utilizador. Considera-se ainda a utilização de IA generativa (por exemplo, ChatGPT/Copilot) como suporte à prototipagem, validação e manutenção do código, sempre sujeita a revisão e validação técnica. O projeto contempla também a integração de métricas de sustentabilidade no modelo BIM (por exemplo, indicadores associados a materiais e processos), em alinhamento com objetivos de transição digital e princípios DNSH (*Do No Significant Harm*).

Com base em estimativas internas e pressupostos de utilização em contexto de produção, apontam-se como metas indicativas ganhos de produtividade na ordem dos 20%, redução de 25% no tempo de documentação e uma poupança direta aproximada de 96 horas por projeto com 10.000 m², dependendo da maturidade BIM, do grau de normalização e da estabilidade dos templates e entregáveis.

1. Introdução

Nos últimos anos, a prática de arquitetura tem vindo a assumir níveis crescentes de complexidade técnica, regulatória e de coordenação interdisciplinar. A adoção generalizada da metodologia Building Information Modelling (BIM) trouxe benefícios relevantes na consistência e rastreabilidade da informação ao longo do ciclo de vida do projeto [1], [2].

Contudo, na fase de Projeto de Execução, uma parte significativa do esforço de produção continua frequentemente associada a tarefas repetitivas e de baixo valor acrescentado: criação e parametrização de vistas, composição de folhas, normalização de tabelas (schedules), aplicação de filtros e validação de nomenclaturas. Esta tensão entre potencial metodológico e prática operativa tem sido amplamente assinalada na literatura sobre implementação BIM [3]. Nesse contexto, a Ventura & Partners tem vindo a estruturar processos BIM e normas internas com o objetivo de garantir qualidade gráfica, consistência de representação e fiabilidade técnica. Ainda assim, a aplicação uniforme dessas normas depende, muitas vezes, de operações manuais suscetíveis a variação entre utilizadores e equipas. Essa variabilidade tende a traduzir-se em divergências de nomenclatura, inconsistências de templates e representações não uniformes, com impacto direto na necessidade de revisões e no risco de erro humano, problemática que motivou o desenvolvimento de sistemas de verificação automatizada e “rule-based checking” em torno da metodologia BIM [4].

É neste contexto que surge o ArchAI, em continuidade com a base de desenvolvimento Plugin v+, propondo a criação de um conjunto de plug-ins em Python integrados com o Autodesk Revit. O objetivo central é automatizar operações críticas de documentação e, de forma incremental, introduzir mecanismos de IA aplicada para apoiar recomendações de configuração e ações prováveis, com base em padrões observados internamente. A ambição é reduzir o tempo de produção sem comprometer a qualidade, reforçando simultaneamente a reprodutibilidade e a auditabilidade dos resultados.

Os módulos descritos neste artigo encontram-se actualmente operacionais e em utilização em contexto de produção na Ventura & Partners. O presente trabalho documenta a arquitectura da solução, os princípios de desenho adoptados e os resultados preliminares obtidos em uso real, constituindo simultaneamente um registo do estado actual e uma base para desenvolvimentos futuros.

2. Contexto operacional e definição do problema

A intervenção proposta incide sobre tarefas tipicamente associadas à produção de documentação no Revit (vistas, folhas, tabelas e regras de representação), onde a variabilidade entre projetos e equipas pode comprometer a consistência do produto final [1]. Em particular, a criação manual e a atualização iterativa de elementos documentais tende a introduzir divergências de escala, parâmetros de vista, regras de visibilidade, convenções de nomeação e estrutura de folhas, com impacto acumulado ao longo de um projeto, problemática amplamente identificada em estudos sobre o controlo de qualidade e verificação de modelos BIM [4].

3. Requisitos da solução

3.1 Requisitos funcionais

Os requisitos funcionais principais podem ser sintetizados em: (i) automação orientada por regras alinhadas com as normas internas [4]; (ii) parametrização e reutilização de configurações por tipologia de projeto e por fase; (iii) capacidade de auditoria e QA/QC para identificar desvios e apoiar a correção; e (iv) minimização de fricção operacional, permitindo adoção gradual e ativação seletiva por módulos.

3.2 Requisitos técnicos e não funcionais

Do ponto de vista técnico, os plug-ins são desenvolvidos em Python sobre interfaces compatíveis com o ecossistema Revit, privilegiando uma abordagem modular e evolutiva, coerente com os princípios de gestão de informação da metodologia BIM . A lógica de execução deve manter-se separada da configuração (normas/perfis), recorrendo a configuração externa (por exemplo, ficheiros de regras) e controlo de versões. A solução deve permitir evolução incremental e integração futura com componentes de IA, assegurando rastreabilidade, transparência e validação humana das decisões, em concordância com os princípios de human-in-the-loop de sistemas de apoio inteligente [5]

4. Arquitetura da solução

A solução é organizada em módulos independentes, orientados a processos, permitindo ativação seletiva conforme a fase e a tipologia do projeto. Um princípio central consiste na separação entre: (i) motor de execução (automatização determinística no Revit); (ii) configuração (normas internas, regras e perfis); e (iii) camada de validação (QA/QC e relatórios), de forma a suportar manutenção e escalabilidade. Esta lógica modular e orientado a regras alinhasse com os princípios de estruturação de informação e automação da metodologia BIM [1], [4].

Os principais módulos considerados incluem:

- Preparação do modelo: definição e verificação de parâmetros, templates de vistas e regras base;
- Vistas: criação, duplicação e aplicação de templates, escalas, intervalos de vista e regras de visibilidade;
- Folhas: geração de folhas por listas de entregáveis, colocação de vistas e verificação de nomenclaturas;
- Tabelas: criação e normalização de schedules, filtros e campos, incluindo exportação/validação;
- Nomenclaturas: aplicação de convenções e validação de consistência;
- Filtros e gráficos: criação automática de filtros, overrides e legendas;
- QA/QC: relatórios de conformidade e deteção de desvios face às normas internas.

Em todas as operações, privilegia-se a redução de passos manuais e a produção de resultados determinísticos, reforçando repetibilidade e auditabilidade. Conceptualmente, o fluxo pode ser descrito por entradas (perfis por tipologia/fase, templates e regras), processamento (execução modular no Revit com registo de ações) e saídas (documentação gerada/normalizada e relatórios QA/QC com desvios e ações recomendadas).

Gestão de Informação: Ferramentas de preenchimento e edição de dados.

 Mapa de Acabamentos	Preenche a tabela "MAPA DE ACABAMENTOS" com informação dos elementos que definem cada 'Room', nomeadamente, os parâmetros 'VP-Pavimento', 'VP-Rodapé', 'VP-Revestimento de Parede' e 'VP-Tecto'.
 Cálculo de PH	Calcula e atualiza a permilagem e áreas de RGEU por fracção, agrupadas pelo parâmetro 'Number'. Para que o cálculo seja possível, é necessário seguir o procedimento Propriedade Horizontal (pág. 85) e garantir que no modelo contém os parâmetros necessários, bem como as tabelas de controlo e de extração de valores.

Figura 1: Ferramentas de gestão de informação — automatização da criação e normalização de parâmetros e metadados do modelo, eliminando configuração manual e reduzindo desvios entre utilizadores.

Elementos: Ferramentas para gerar mapas de vãos, divisórias e mobiliário.

 Mapa VE	Gera o mapa de vãos exteriores , processando famílias de 'Windows' e 'Doors' com 'Keynote' atribuído. Requer ficheiro baseado no Template VAP com a vista "03.1_MAPA GERAL VE" configurada com dois 'Legend Component' (uma vista 'Floor Plan' e outra 'Elevation: Back'), bem como as 'Schedules' e 'Sheets' necessárias e presentes no template.
 Mapa VI	Gera o mapa de vãos interiores , processando famílias de 'Windows' e 'Doors' com 'Keynote' atribuído. Requer ficheiro baseado no Template VAP com a vista "04.1_MAPA GERAL VI" configurada com dois 'Legend Component' (uma vista 'Floor Plan' e outra 'Elevation: Back'), garantindo que as 'Schedules' e 'Sheets' necessárias existem no modelo.

Figura 2: Geração automática de mapas de elementos — criação e formatação de schedules por tipologia construtiva, com aplicação automática de filtros, campos e regras de representação

Espaços: Conjunto de ferramentas para gerar mapas de espaços.

 Mapa ESC	Gera o mapa de escadas , processando Rooms através do parâmetro "VP-Código de Espaço". Requer ficheiro baseado no Template VAP com os 'View Templates' e 'Sheets' necessários criados no modelo e 'Rooms' sem problemas de limites, avisos ou duplicações em modelos linkados.
 Mapa COZ	Gera o mapa de cozinhas , processando Rooms através do parâmetro "VP-Código de Espaço". Necessita de 'View Templates', 'Schedules' e 'Sheets' configurados segundo o Template VAP e 'Rooms' corretamente definidos, sem avisos de limites ou de sobreposições.

Figura 3: Geração automática de mapas de espaços — extracção e organização de informação espacial do modelo BIM, com normalização de nomenclaturas e exportação directa para entregáveis.

Arquitetura Paisagista: Ferramentas de apoio à equipa de Arquitectura Paisagista.

 Movimento de Terras	Seleciona os 'Toposolids' relevantes para o cálculo de movimento de terras . Para cada 'Toposolid' de projeto que se sobrepõe a um 'Toposolid' existente (demolido na fase de projeto), calcula e atualiza os volumes de escavação ('Cut'), aterro ('Fill') e saldo ('Net'), em m³, gravando esses valores nos parâmetros partilhados do elemento. É necessário que os parâmetros "VP-Escavação", "VP-Aterro" e "VP-Balanco de Terras" existam no ficheiro, que a tabela "Movimento de Terras" esteja configurada, que o projeto reporte em m³ e que os 'Toposolids' tenham limites e fases/demolições corretamente definidos. Nota: Este script apenas está disponível para Revit 2024 e 2025.
 Plantação	Agrupa e relaciona elementos do mesmo tipo dentro da categoria 'Planting' . Requer a família de anotação "AN-VAP-PlantingTag" com o tipo "Código + Quantidade" presente no ficheiro e associada a um elemento de cada grupo, permitindo o preenchimento automático do parâmetro "VP-Quantidade".

Figura 4: Apoio à arquitectura paisagista — automatização de mapas de plantação e cálculo de quantidades, com integração directa no fluxo de entregáveis do projecto de execução.

5. Integração de IA e sustentabilidade

Para além da automação baseada em regras, o ArchAI prevê a incorporação gradual de componentes de IA aplicada. Numa primeira fase, a IA é entendida como mecanismo de assistência e recomendação, e não como substituição do controlo humano, reduzindo risco e facilitando adoção em contexto de produção, utilizando a inteligência artificial como sistema de apoio na decisão do projecto de arquitectura, engenharia e construção [6].

5.1 IA aplicada e recomendações

A recomendação pode ser suportada por padrões internos (por exemplo, tipologias recorrentes, estruturas de níveis, pacotes de entregáveis e templates habitualmente utilizados), para sugerir combinações prováveis de vistas, templates e estruturas de folhas. A decisão final deve permanecer no utilizador, privilegiando transparência e rastreabilidade (por exemplo, registo de recomendações aceites/rejeitadas quando aplicável).

5.2 IA generativa no ciclo de desenvolvimento

Ferramentas de IA generativa (por exemplo, ChatGPT/Copilot) podem ser utilizadas como apoio à prototipagem, documentação e testes do código, acelerando a resolução de problemas e promovendo boas práticas (por exemplo, sugestões de refatoração e organização). Esta utilização deve ser acompanhada por revisão técnica, validação interna e controlo de versões, assegurando qualidade e conformidade.

5.3 Métricas de sustentabilidade no fluxo BIM

O projeto prevê a integração de métricas de sustentabilidade diretamente no modelo, nomeadamente indicadores associados a materiais e soluções construtivas (por exemplo, pegada ambiental), para suportar decisões informadas e alinhadas com princípios DNSH. A abordagem é compatível com evolução futura para ligações a bases de dados e procedimentos de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), mantendo como objetivo imediato estruturar o modelo para receber e organizar informação ambiental de forma consistente.

6. Indicadores de desempenho e avaliação

Os principais indicadores propostos incluem: (i) tempo de produção de documentação (vistas, folhas, tabelas) por pacote de entregáveis; (ii) número de revisões associadas a inconformidades gráficas e técnicas; (iii) taxa de erro humano em operações repetitivas (por exemplo, desvios de nomenclatura e templates incorretos); e (iv) nível de aderência às normas internas medido por relatórios QA/QC.

A definição de indicadores quantificáveis de desempenho é coerente com os modelos de maturidade e evolução de implementação BIM descritos na literatura [3]

Os tempos de execução apresentados na Tabela 1 resultam de medições directas por operação, realizadas em contexto de produção real na Ventura & Partners. Os valores totais por projecto são estimados por extrapolação, com base em volumetrias típicas de entregáveis para projectos de 10.000 m² — nomeadamente número habitual de folhas, vistas e tabelas por fase de Projecto de Execução. Esta abordagem permite quantificar o impacto acumulado da automação sem

dependem de um único projecto de referência, reflectindo antes padrões observados em uso continuado.

Com base nestes dados, definem-se como metas de referência um aumento médio de produtividade na ordem dos 20%, uma redução de 25% no tempo de documentação e uma poupança directa aproximada de 96 horas por projecto de 10.000 m². Reconhece-se que estes valores dependem do grau de normalização, maturidade BIM e estabilidade do standard adoptado, sendo recomendável complementar com registos sistemáticos de tempo à medida que o uso se consolida.

Tabela 1: Tempos de execução medidos por operação em contexto de produção real. Os valores correspondem a medições directas de cada acção automatizada; o número de eventos e o tipo de uso reflectem volumetria típica de projecto de execução com 10.000 m².

	Tempo de cálculo (min)	Número de eventos	Tipo de uso
Mapa de Acabamentos	12	1	Revisão/Entrega
Cálculo de PH	8	1	Revisão/Entrega
Mapa Vãos Exteriores	12	1	Revisão/Entrega
Mapa Vãos Interiores	12	1	Revisão/Entrega
Mapa Cozinhas	12	1	Revisão/Entrega
Mapa Sanitários	12	1	Revisão/Entrega
Movimento de Terras	20	1	Quantidades
Plantação	8	1	Quantidades

7. Limitações da solução

A solução depende de pré-condições organizacionais, nomeadamente normas internas bem definidas, nomenclaturas estáveis e uma estrutura consistente de templates e entregáveis. A automação torna-se mais eficaz quando existe previsibilidade suficiente nos workflows, permitindo que regras e perfis de configuração sejam aplicados de forma determinística.

Esta dependência não deve ser interpretada como fragilidade, mas como consequência do próprio princípio técnico: a automação de documentação e QA/QC beneficia directamente de normalização e disciplina de modelação. Em contextos com maturidade BIM ainda reduzida ou standards instáveis, é expectável que o esforço inicial se concentre na consolidação dessas bases, antes de se atingirem ganhos consistentes e escaláveis.

8. Conclusões e trabalho futuro

O ArchAI posiciona-se como um investimento estratégico na transformação digital da prática arquitetónica, combinando automação robusta em Revit, integração progressiva de IA e incorporação de métricas de sustentabilidade no fluxo BIM. A abordagem privilegia

consistência, repetibilidade e qualidade, procurando reduzir retrabalho e variabilidade na produção documental, com metas indicativas de produtividade e poupança de tempo suportadas por estimativas internas e pressupostos de normalização.

Como trabalho futuro, destaca-se a consolidação dos módulos em contexto de produção e a expansão funcional assente na identificação contínua de tarefas repetitivas passíveis de automatização, com base em melhoria incremental dos workflows e feedback das equipas.

Um caminho adicional poderá passar pela preparação do plug-in para adoção noutras realidades, através de mecanismos de configuração e adaptação a normas externas, mantendo o princípio de que ferramentas criadas para responder a problemas concretos podem, em simultâneo, contribuir para a evolução e disciplina das metodologias organizacionais.

Referências

- [1] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*, 3rd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2018.
- [2] ISO, “ISO 19650-1:2018 and ISO 19650-2:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1 and Part 2,” International Organization for Standardization (ISO), 2018.
- [3] B. Succar, “Building Information Modelling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders,” *Automation in Construction*, vol. 18, no. 3, pp. 357-375, May 2009. doi: 10.1016/j.autcon.2008.10.003.
- [4] W. Solihin and C. Eastman, “Classification of Rules for Automated BIM Rule Checking Development,” *Automation in Construction*, vol. 53, pp. 69-82, May 2015. doi: 10.1016/j.autcon.2015.03.003.
- [5] S. Amershi et al., “Power to the People: The Role of Humans in Interactive Machine Learning,” *AI Magazine*, vol. 35, no. 4, pp. 105-120, Dec. 2014. doi: 10.1609/aimag.v35i4.2513.
- [6] Y. Pan and L. Zhang, “Roles of Artificial Intelligence in Construction Engineering and Management: A Critical Review and Future Trends,” *Automation in Construction*, vol. 122, art. no. 103517, Feb. 2021. doi: 10.1016/j.autcon.2020.103517.