


FUNDAMENTOS E PERSPETIVAS DE INOVAÇÃO NA GESTÃO DE ATIVOS DE ENGENHARIA

FOUNDATIONS AND PROSPECTS OF INNOVATION IN ENGINEERING ASSET MANAGEMENT

[10.29073/rae.v1i1.644](https://doi.org/10.29073/rae.v1i1.644)

Receção: 09/06/2022 Aprovação: 27/09/2022 Publicação: 07/01/2023

Nuno Marques de Almeida ^a,

^a Instituto Superior Técnico; nunomarquesalmeida@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

O presente artigo combina os aspetos tradicionais da gestão aplicada a realizações da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) com os da área transdisciplinar emergente da gestão de ativos. Aborda também o papel da inovação e do empreendedorismo na afirmação da abordagem da gestão de ativos de engenharia com particular incidência no âmbito específico dos ativos construídos. Esta combinação justifica-se pelos crescentes desafios colocados na gestão de empreendimentos de infraestruturas, edifícios e instalações industriais que servem funções críticas para o funcionamento das sociedades. O envelhecimento e a natural degradação da condição deste tipo de sistemas de ativos físicos críticos implicam necessidades elevadas de investimento de renovação e modernização nas próximas décadas, exigindo a mobilização de recursos limitados que podem não estar imediatamente disponíveis. Isto tem atraído atenções para o potencial dos conceitos e princípios da gestão de ativos no domínio da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) e para a necessária adaptação e inovação da abordagem clássica da gestão da construção e dos empreendimentos de construção para integrar esses mesmos conceitos e princípios.

Palavras-Chave: Ativos de Engenharia, Ativos Construídos, Gestão De Ativos, Indústria AEC, Inovação

ABSTRACT

This article combines the traditional aspects of project management as applied to Architecture, Engineering and Construction (AEC) with those of the emerging transdisciplinary discipline of asset management. It also deals with the role of innovation and entrepreneurship in the affirmation of the engineering asset management approach with an emphasis on constructed assets. This combination is relevant to deal with the increasing challenges posed to infrastructure, buildings and industries facilities that serve and are critical for the functioning of cities and societies. The aging and natural decay of these type of critical physical assets implies intensive renewal and modernization investments in the coming decades, but the resources needed are limited and might not be readily available. The applicability of the asset management concepts and principles in the realm of AEC has been attracting attention as these can drive innovation and a much-needed transformation in the traditional approach to project management in the AEC sector.

Keywords: Engineering Assets, Built Assets, Asset Management, AEC Industry, Innovation

1. INTRODUÇÃO

Com o advento da industrialização das sociedades e da crescente sofisticação e complexidade dos ativos de engenharia criados neste contexto, surgiram abordagens de gestão para assegurar que esses ativos gerem os benefícios previstos ao longo de todo o seu ciclo de vida, de forma otimizada em relação aos recursos consumidos (Figura 1). A gestão de ativos de engenharia é assim uma abordagem transdisciplinar que tem como objetivo principal a realização de valor a partir deste tipo de ativos.

Os ativos de engenharia (físicos ou não físicos) possuem uma dimensão financeira que reflete o seu valor económico (Amadi-Echendu et al., 2010). A gestão de ativos de engenharia abrange, portanto, para além de diversas atividades e funções não financeiras no ciclo de vida deste tipo de ativos, a gestão do valor realizado a partir desses ativos ao longo de todo o seu ciclo de vida (Almeida et al., 2022).

As realizações no domínio da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) também visam promover a realização de valor para todas as partes interessadas nas atividades de planeamento estratégico, conceção, construção/reabilitação, operação e manutenção, utilização e desativação das principais categorias de sistemas de ativos físicos (civís) construídos (Figura 2): infraestruturas, edifícios e instalações industriais.

O envelhecimento e a natural degradação da condição deste tipo de sistemas de ativos físicos críticos implicam necessidades elevadas de investimento de renovação e modernização nas próximas décadas, exigindo a mobilização de recursos limitados que podem não estar imediatamente disponíveis. Isto tem atraído atenções para o potencial dos conceitos e princípios da gestão de ativos no domínio da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) e para a necessária adaptação e inovação da abordagem clássica da gestão dos empreendimentos de construção para integrar esses mesmos conceitos e princípios.

Este artigo explora a relevância de se integrar de forma inovadora as abordagens clássicas

da gestão da construção e dos empreendimentos de construção e da gestão de ativos, combinando valências da engenharia, economia e gestão, para maximizar as oportunidades geradas nos principais momentos de tomada decisão que permitem otimizar o custo, risco e desempenho de sistemas de ativos físicos construídos complexos, novos ou existentes, ao longo de todo o seu ciclo de vida (Figura 3).

2. GESTÃO DE ATIVOS CONSTRUÍDOS

2.1 CRIAÇÃO DOS ATIVOS CONSTRUÍDOS

2.1.1 ASPETOS TRADICIONAIS

Tradicionalmente, no âmbito da criação dos ativos construídos (foco convencional da área de conhecimento da gestão da construção), o principal objetivo a atingir sempre consistiu em projetar e construir com um adequado nível de qualidade e de segurança e saúde no trabalho, em condições ambientalmente corretas, no prazo previsto e minimizando os custos de investimento. A otimização destes elementos-chave (qualidade, segurança e saúde, ambiente, prazo e custos) é complexa, dada a interligação que naturalmente existe entre eles, podendo, no entanto, um ou outro ter um carácter predominante.

Figura 1 – Moldura conceptual do valor derivado dos ativos (adaptado de Almeida et al., 2022)



Figura 2 - Categorização simplificada dos vários tipos de ativos (adaptado de Almeida et al., 2021; Almeida, 2021; Amadi-Echendu et al., 2010; Dieter, 2020)

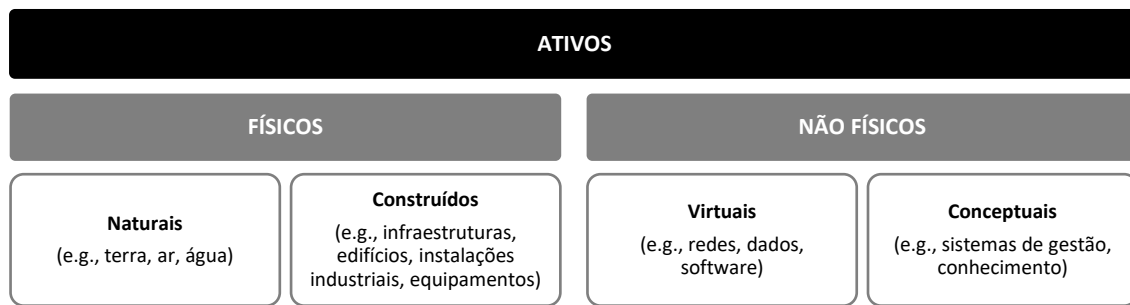
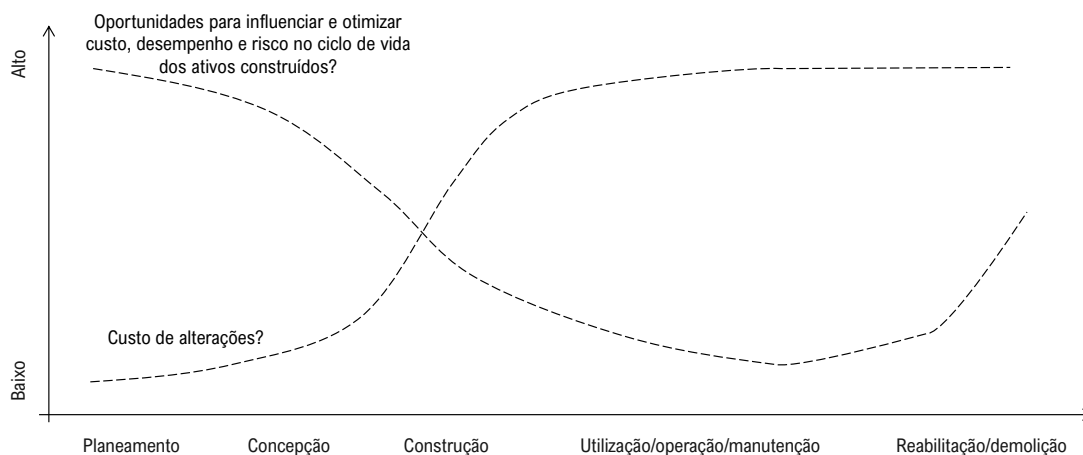


Figura 3 - Fases do ciclo de vida dos ativos construídos (adaptado de Hendrickson, 2008; PMI, 2016)



2.1.2 DESAFIOS PRINCIPAIS

À crescente procura da maior competitividade e produtividade na indústria da AEC alia-se a também crescente atenção dada pelas múltiplas partes interessadas nas realizações deste sector à problemática da sustentabilidade e da resiliência das comunidades (Almeida, 2020). As necessidades e expectativas destas partes interessadas passaram a ser condições a ter em conta por todas as organizações da AEC, envolvidas no financiamento, promoção, conceção, construção/instalação/produção, exploração/utilização e manutenção/reabilitação dos empreendimentos de construção, que pretendam melhorar o seu desempenho económico, social e ambiental num espaço concorrencial cada vez mais alargado. Para tal, é cada vez mais importante gerir de forma eficiente os recursos disponíveis, visando otimizar a globalidade dos aspetos da gestão aplicáveis nos empreendimentos da

construção e que são, atualmente, consensualmente reconhecidos nos meios técnico e científico internacionais (Almeida et al., 2015; ISO, 2012, 2017; PMI, 2016, 2017): Integração, Partes interessadas, Âmbito, Recursos, Tempo, Custo, Risco, Qualidade, Segurança, Ambiente, Aquisições, Comunicação, Financeiros, Reclamações.

A regulamentação europeia sobre comercialização dos produtos da construção e sobre contratação pública destacam a importância de realizar a referida otimização tendo em conta todo o ciclo de vida das construções, que pode atingir várias décadas ou mesmo séculos. Neste contexto, apresenta-se à área temática da gestão da construção (tanto de obras novas como de obras de reabilitação ou renovação) o desafio de integrar na sua abordagem tradicional conceitos emergentes tais como o da gestão de ativos, entre outros conceitos que têm vindo a ganhar cada vez maior expressão com a publicação de normas internacionais de

princípios, diretrizes e requisitos para sistemas de gestão, novas ou revistas, sobre matérias relevantes neste contexto (Almeida et al., 2015): qualidade (ISO 9001), ambiente (ISO 14001), segurança (ISO 45001), qualidade em projetos (ISO 10006), risco (ISO 31000), responsabilidade social corporativa (ISO 26000), projetos (ISO 21500), ativos (ISO 55001), instalações (ISO 41001) e inovação e empreendedorismo (ISO 56002).

Assim, a gestão da construção pode e deve contribuir para a revalorização da AEC e dos importantes investimentos a ele associados, com enfoque no ciclo de vida global dos sistemas de ativos construídos que resultam desses investimentos. É, portanto, necessário adotar uma ótica de médio/longo prazo focada na realização de valor a partir desses ativos, ao longo de todo o seu ciclo de vida, tendo em conta as necessidades e expectativas, atuais e futuras, quer da sociedade em geral quer das diversas partes interessadas nesses ativos,

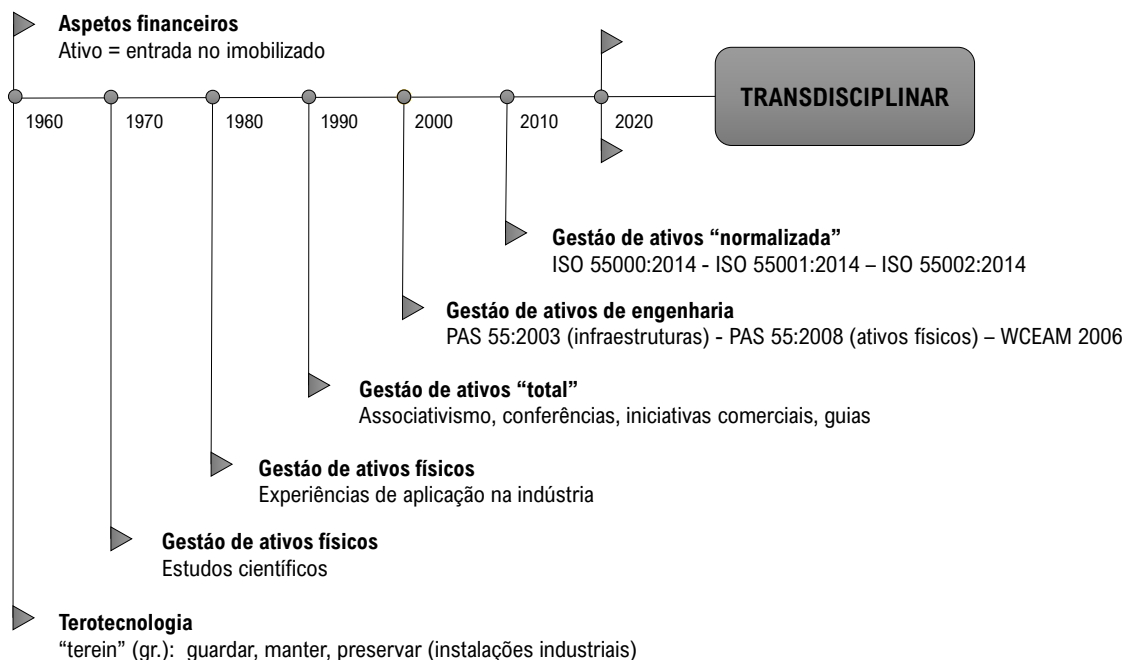
num contexto em que existem sempre incertezas associadas.

2.2 GESTÃO DE ATIVOS CONSTRUÍDOS

2.2.1 ORIGEM E DESENVOLVIMENTO DA GESTÃO DE ATIVOS

Conforme se pode observar na Figura 4, os primeiros registros de estudos científicos sobre o conceito e as técnicas da gestão de ativos surgiram na década de 1960 (Luís & Almeida, 2021). Esses primeiros estudos encaravam os ativos como entradas no imobilizado das organizações e focavam-se sobretudo em questões financeiras. Foi também neste período que começaram a surgir estudos científicos no domínio da terotecnologia. Este último conceito combinava práticas de engenharia e gestão aplicadas a ativos físicos, tipicamente no contexto da gestão e manutenção de instalações industriais e integrando aspetos financeiros e não financeiros.

Figura 4 – Desenvolvimento histórico do conceito da gestão de ativos



Os primeiros estudos científicos sobre a gestão de ativos físicos surgiram na década de 1970, como uma extensão e alargamento de âmbito de estudos de engenharia, iniciados na década precedente, centrados na manutenção

de instalações industriais (Wijnia, 2016). Na década de 1970, assistiu-se a um crescente número de publicações científicas sobre gestão de ativos físicos. A partir da década de 1980 este termo prevaleceria em detrimento

da designação de terotecnologia para expressar as atividades coordenadas e o alinhamento das funções financeiras e não financeiras em organizações de capital intensivo, cuja prestação dos serviços e a sustentabilidade do negócio estão fortemente correlacionadas com os ativos físicos da organização.

As experiências de aplicação desta nova abordagem na indústria começaram a ganhar expressão nas décadas seguintes (Maletič et al., 2022). Nos anos 1990, surgiram vários movimentos associativos, conferências regulares, iniciativas comerciais e guias técnicos que ajudaram a consolidar a disciplina da gestão de ativos físicos (Almeida, 2021). A consolidação do corpo de conhecimento científico sobre a gestão de ativos físicos, atingida com as primeiras experiências de aplicação prática na indústria, iniciou-se assim há cerca de 30-40 anos.

Na década de 1990 assistiu-se a um crescente interesse no tema da gestão de ativos “total” (incluindo ativos físicos e não físicos e abarcando todas as fases do ciclo de vida) e o conceito da gestão de ativos na sua dimensão mais abrangente começou a ganhar popularidade.

A publicação da primeira versão da especificação PAS 55-1 sobre gestão otimizada de ativos de infraestruturas, em 2004, foi um importante marco na sistematização da abordagem da gestão de ativos físicos. Na segunda versão daquela especificação, publicada em 2008, o âmbito foi alargado a todo o tipo de ativos físicos. Para além destas especificações, nos últimos 20 anos, a comunidade de gestão de ativos tem produzido documentos técnicos significativas no domínio dos ativos de infraestruturas (NAMS, 2015) e dos ativos físicos em geral (GFAM, 2014; TheIAM, 2015), documentos esses que exerceram uma grande influência nas primeiras versões das normas internacionais da série ISO 55000 sobre gestão de ativos, publicadas pela primeira vez em 2014. Com a publicação desta série de normas, atingiu-se um consenso internacional alargado sobre a gestão de ativos no sentido mais lato do termo, isto é, abrangendo ativos tangíveis e intangíveis, financeiros e não

financeiros. Em 2019, foi publicada uma especificação técnica internacional muito relevante sobre o alinhamento das funções financeiras e não financeiras na gestão de ativos (ISO/TS 55010). Existem outras normas da família ISO 55000 atualmente em desenvolvimento.

2.2.2 CONSOLIDAÇÃO DA ABORDAGEM DA GESTÃO DE ATIVOS CONSTRUÍDOS

Com a publicação de vários guias técnicos de referência (e.g. NAMS, 2015; TheIAM, 2015) que expandiram visões mais focadas em determinadas fases do ciclo de vida dos ativos construídos (e.g. reabilitação; manutenção), consolidou-se a percepção mais lata do conceito da gestão de ativos construídos, em alinhamento com as normas internacionais da série ISO 55000. Estas normas descrevem a gestão de ativos como uma abordagem transdisciplinar que envolve todas as funções ou departamentos nas organizações, mas sem substituir nem se restringir aos limites específicos dessas funções. Esta abordagem tem em vista a maximização do valor que é gerado a partir dos ativos, através do alinhamento das várias atividades que incidem sobre os ativos.

Entre as organizações cuja atividade depende fortemente de ativos construídos, destacam-se um aumento da procura de certificações de sistemas de gestão de ativos baseados na ISO 55001, nomeadamente nos setores da energia, água, gestão de instalações, transportes, governamentais e da indústria. Tendo em conta as informações oficiais conhecidas, os países onde se verifica o maior número de certificados ISO 55001 emitidos são: Japão, Austrália, Holanda, Reino Unido, Emiratos Árabes Unidos, China, Alemanha, Estados Unidos e Índia. Os principais setores onde operam estas organizações certificadas são: eletricidade, água e saneamento, instalações (edifícios), infraestrutura, engenharia, transportes, portos e aeroportos, petróleo & gás, governo, indústria e mineiro. Importa salientar que para a contabilização oficial destas certificações emitidas não foram consideradas apenas as certificações acreditadas, ou seja, as certificações emitidas por entidades acreditadas segundo os requisitos de competência para auditoria e

certificação de sistemas de gestão de ativos estabelecidos na especificação técnica ISO/IEC TS 17021-5. Estes requisitos estabelecem que a equipa auditora e aqueles que tomam a decisão de certificação devem ter conhecimento e compreensão das práticas, atividades e metodologias relevantes da gestão de ativos, destacando a importância do equilíbrio entre aspetos técnicos, não-financeiros e financeiros e das seguintes temáticas: práticas de registo de ativos; processos de tomada de decisão e priorização; ferramentas e métodos relacionados com a gestão de ativos; abordagem do Custo do Ciclo de Vida (CCV); abordagens da gestão do risco; planeamento e implementação de investimentos, operações e manutenção; e técnicas de amostragem estatística.

2.2.3 URGÊNCIAS DA GESTÃO DE ATIVOS CONSTRUÍDOS

Conforme referido acima, assiste-se a um número crescente de organizações, principalmente as que desenvolvem atividades intensamente centrada em ativos físicos construídos, a adotar sistemas de gestão de ativos baseados nas normas internacionais da série ISO 55000, algumas delas obtendo a certificação ISO 55001. Isto sucede com particular incidência em muitos países onde a gestão do ciclo global dos ativos físicos construídos se tornou um tema premente. Por exemplo, nos muitos países onde as infraestruturas nacionais ou municipais, de redes de energia (Komljenovic et al., 2016), transportes (Patrício & Almeida, 2017), água (Vieira et al., 2020), entre outras, estão a aproximar-se do final das suas vidas úteis.

Os desafios crescentes para lidar com as infraestruturas envelhecidas é amplamente abordado em diversas publicações técnicas e do meio científico (Trindade et al., 2020). Refira-se a título indicativo que um grande número de investigadores tem dado atenção à situação das infraestruturas municipais instaladas em países norte-americanos entre as décadas de 1950 e 1970 e que estão a atingir o final das suas vidas úteis (Mirza, 2007).

Há ainda vários relatórios técnicos, emitidos tanto na área da engenharia (American Society

of Civil Engineers, 2017) como na área financeira (WCE, 2020), que alertam para o investimento insuficiente em infraestruturas deterioradas que carecem de muito maiores níveis de renovação para repor os níveis de serviço desejados, para otimizar os custos globais no ciclo de vida (CAPEX e OPEX) e para mitigar os riscos de falha associados.

3. PRESENTE E FUTURO DA GESTÃO DE ATIVOS CONSTRUÍDOS

3.1 PERCEÇÃO ATUAL DA GESTÃO DE ATIVOS CONSTRUÍDOS NAS COMUNIDADES TÉCNICA E CIENTÍFICA

A gestão de ativos pode ser definida como a atividade coordenada de uma organização para realizar valor a partir dos ativos (ISO 55000). Segundo a norma internacional ISO 55000, que estabelece os princípios e a terminologia da gestão de ativos, um ativo pode ser tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro. Mas é a gestão de três categorias de ativos físicos tangíveis construídos que têm atraído cada vez mais a atenção da comunidade científica, principalmente após a publicação das normas da série ISO 55000 sobre gestão de ativos em 2014: infraestruturas (Vieira et al., 2020), edifícios (Falcão Silva et al., 2020; Salvado et al., 2019) e instalações industriais (Maletič et al., 2019).

A gestão de ativos construídos tem-se afirmado como fundamental para lidar com desafios complexos e multidisciplinares, com resultados significativos na modelação e compreensão dos custos no ciclo de vida associados a diferentes níveis de desempenho e risco de infraestruturas de diferentes tipos, de edifícios públicos e privados, residenciais e não residenciais, e também de instalações industriais de vários tipos. A gestão de ativos construídos tem-se relevado fundamental para informar decisões de investimento, tanto no curto como no longo prazo, e definir as respetivas estratégias de financiamento (Salvado et al., 2018; Salvado, de Almeida, et al., 2019).

A gestão de ativos construídos é uma abordagem holística, sistémica e sistemática que envolve políticas, estratégias, processos,

planos e atividades, interligando-se com questões de regulação e estratégia competitiva. O desenvolvimento da especificação PAS 55, acima referida, promovida em parceria pelo Institute of Asset Management (IAM) e pelo British Standard Institute (BSI), foi um passo importante na estruturação do modo como a gestão de ativos construídos deve contemplar questões relacionadas com o desempenho, o risco e os recursos a mobilizar ao longo do ciclo de vida dos ativos, com o propósito de cumprir um plano organizacional estratégico. A família de normas internacionais ISO 55000, publicada em 2014, manteve os pontos-chave que contribuíram para a popularidade e sucesso global da PAS 55, enfatizando a importância da realização de valor a partir dos ativos (construídos e outros), do alinhamento da estratégia global com os objetivos organizacionais e com os planos e atividades da gestão de ativos, a importância da liderança na definição de um propósito comum nas organizações e a garantia da conformidade dos ativos com esse propósito ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Importa destacar os importantes contributos das comunidades técnicas, dos sectores privado e público australiano, nomeadamente do Asset Management Council (AMC) e do Institute of Public Works Engineering Australasia (IPWEA), que nas últimas duas décadas têm ajudado a consolidar progressivamente o corpo de conhecimento da gestão de ativos físicos construídos (AMC, 2014; NAMS, 2015). Neste contexto, destacam-se ainda duas associações internacionais de carácter global que têm vindo a desenvolver e promover, também nas últimas duas décadas, a gestão de ativos físicos construídos. É este o caso do Global Forum of Maintenance & Asset Management (GFMAM), vocacionado sobretudo para apoiar a incorporação da gestão de ativos nas atividades industriais, e a International Society of Engineering Asset Management (ISEAM), vocacionada para organizar e desenvolver o corpo de conhecimento da gestão de ativos no meio científico e, entre outros, promover a sua incorporação nos programas de ensino superior.

Depois da publicação das normas da série ISO 55000, em 2014, as principais associações internacionais na área da gestão de ativos alinharam as suas publicações e atividades com os princípios e a terminologia expressa naquelas normas com elevado grau de consenso internacional (AMC, 2014; GFMAM, 2014; NAMS, 2015; TheIAM, 2015). Estas publicações têm ajudado a estruturar e consolidar os seguintes grandes grupos de temas abrangidos pela disciplina da gestão de ativos: Estratégia e planeamento; Tomada de decisão; Atividades no ciclo de vida; Conhecimento dos ativos; Organização e pessoas; Risco e revisão.

As normas internacionais da série ISO 55000 têm tido um papel importante na afirmação da gestão de ativos como uma abordagem que combina várias disciplinas num novo nível de integração transdisciplinar. É esta visão mais abrangente da gestão de ativos que permite reformar as várias disciplinas nela combinadas e transformar positivamente a atuação das várias partes interessadas ao longo de todo o ciclo de vida dos ativos.

A gestão de ativos é, portanto, multidisciplinar, ou transdisciplinar, envolvendo e interrelacionando processos, pessoas e tecnologias. Os tópicos da gestão de ativos, ou as componentes de um sistema de gestão de ativos numa organização cujas atividades são intensamente centradas nos seus ativos, são aplicáveis à organização como um todo e às suas várias áreas e a diferentes níveis (estratégico, tático e operacional). Estas componentes podem, designadamente, aplicar-se em funções, projetos, portefólios de ativos ou atividades específicas de uma organização, e relacionar-se com outras áreas de preocupação da gestão, como seja a gestão da qualidade, do risco ou da inovação, entre outras.

3.2 DESAFIOS E PERSPETIVAS FUTURAS PARA A GESTÃO DE ATIVOS CONSTRUÍDOS

Os contributos das comunidades científica e técnica, ao longo das últimas quatro décadas, refletidos nos trabalhos de normalização internacional que decorrem já há mais de 10 anos, têm ajudado a consolidar o corpo de conhecimento integral da gestão de ativos e o

caráter abrangente e transdisciplinar desta abordagem. Perspetiva-se que a abordagem da gestão de ativos seja cada vez mais reconhecida como essencial para aumentar a competitividade das organizações da indústria da AEC e para ajudar a superar com sucesso um conjunto de desafios incontornáveis que se apresentam à gestão do ciclo de vida dos ativos construídos: i) contribuir para a resiliência e desenvolvimento sustentável das sociedades; ii) promover a transição digital e; iii) incorporar dimensões intangíveis nos processos de tomada de decisão da gestão do ciclo de vida dos ativos.

3.2.1 SUSTENTABILIDADE E RESILIÊNCIA DOS ATIVOS CONSTRUÍDOS

Importa salientar que a gestão de ativos e os seus quatro princípios nucleares (valor, alinhamento, liderança e garantia) estão identificados como um catalisador do desenvolvimento sustentável. A gestão de ativos está identificada como contribuindo para o cumprimento de 7 (dos 17) Objetivos do Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ISO/TC 251, 2018): água limpa e saneamento, energias renováveis, empregos dignos e crescimento económico, inovação e infraestrutura, cidades e comunidades sustentáveis, consumo responsável e combate às mudanças climáticas.

No que respeita à resiliência, importa ter presente que a frequência e gravidade de eventos de desastres naturais ou induzidos pelo homem, como inundações, terremotos, furacões, incêndios, pandemias, guerras, derramamentos de materiais perigosos, contaminação de águas subterrâneas, falhas estruturais, explosões, etc., bem como seus impactos, aumentaram muito durante últimas décadas devido ao crescimento populacional e à extensa urbanização, entre outros fatores. O Banco Mundial estima que o custo das vulnerabilidades das cidades e comunidades devido a esses tipos de riscos de desastres pode chegar a mais de US\$ 300 bilhões por ano até 2030 (Rezvani et al., 2022). No entanto, sabe-se também que os investimentos que melhoram a qualidade e a resiliência dos ativos de engenharia que constituem a espinha dorsal das sociedades

modernas, como infraestruturas, instalações industriais e edifícios, podem contribuir significativamente para sociedades mais sustentáveis e prósperas.

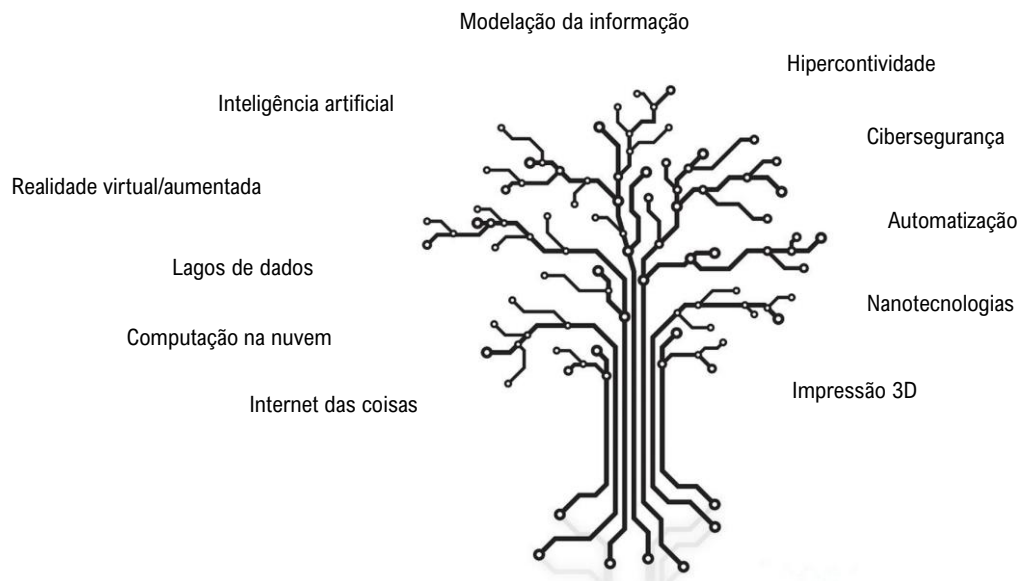
Os ativos de engenharia são fundamentais para a prestação de serviços essenciais, como transporte, alimentação, água, fornecimento de eletricidade, saúde e segurança, etc. Alguns desses ativos estão integrados em sistemas de ativos físicos e redes nacionais ou regionais com ciclos de vida que se estendem por várias décadas ou até séculos. É, portanto, de grande importância que as estratégias e decisões de ciclo de vida, tais como investimentos de curto e longo prazo, estratégias de manutenção, planos operacionais e alienação de ativos, levem à maximização do valor gerado a partir desses ativos. Além disso, é essencial que a consecução desses objetivos seja sustentada no tempo.

As organizações que lidam com ativos de engenharia, tanto públicos quanto privados, devem, portanto, integrar preocupações de sustentabilidade e resiliência nas operações cotidianas. A inovação será uma chave cada vez mais relevante para isso, tendo em conta orçamentos muitas vezes restritos, requisitos de desempenho de múltiplas partes interessadas cada vez mais exigentes e atendendo a ambientes de operações com elevado risco e incerteza.

3.2.2 DIGITALIZAÇÃO DOS ATIVOS CONSTRUÍDOS

Com o advento das tecnologias emergentes da Indústria 4.0, a gestão de ativos tornou-se central para enquadrar de forma apropriada um maior grau de automação e interconetividade dos ativos, em articulação com os recursos humanos e os processos das organizações (Figura 5). A abordagem da gestão de ativos é especialmente adequada para identificar e maximizar os benefícios que podem ser extraídos de ambientes em que predomina a digitalização de dados, informação e processos de gestão, assegurando que os custos do ciclo de vida e os riscos das transformações subjacentes às novas modalidades de trabalho são sustentáveis no tempo.

Figura 5 – A árvore ciberfísica (adaptado de Formica, 2022)



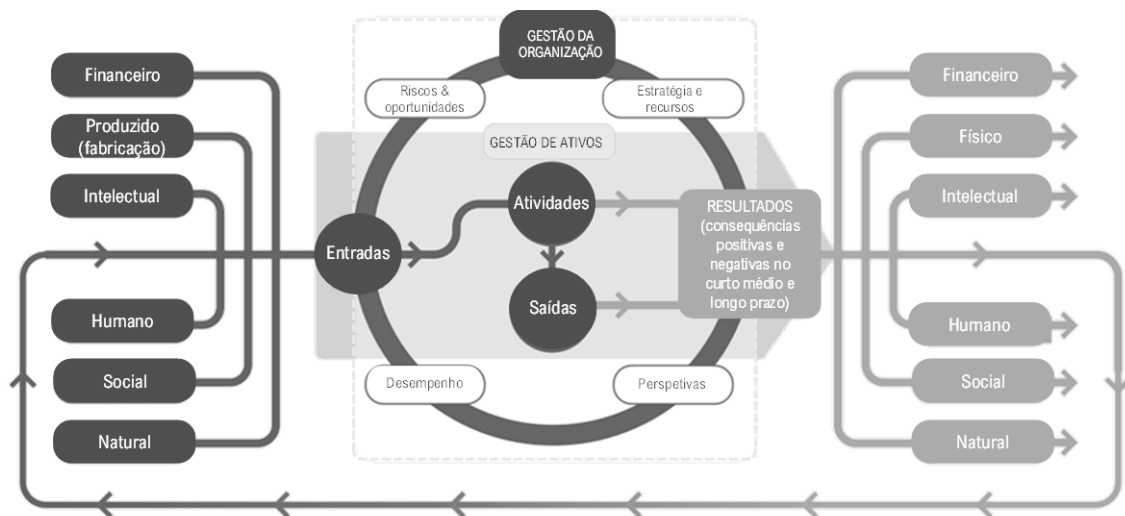
Organizações com uma cultura de gestão de ativos bem consolidada estão em vantagem competitiva perante os desafios de inovação no domínio da digitalização (Luís & Almeida, 2021). Entre estes desafios estão, por exemplo: a recolha automatizada de dados ou informação, rápida ou em tempo real, por recurso a sensores e câmaras (e.g. instalados em drones ou em outro tipo de veículos autónomos); o armazenamento e processamento desses dados ou informação, estruturados, não estruturados ou semi-estruturados, em plataformas partilhadas privadas ou públicas; técnicas analíticas por mímica de funções cognitivas humanas, tais como técnicas de aprendizagem automática que suportam o reconhecimento de defeitos e a modelação da deterioração dos ativos (e.g. para efeitos de otimização das decisões de manutenção, operação e investimento); gémeos digitais e técnicas de visualização assistida por computador que permitem simular o projeto, a construção e a operação de sistemas de ativos (e.g. para melhorar a formação de operadores), e; soluções

robotizadas para automatizar atividades de inspeção, manutenção e operações em ambientes remotos, complexos ou com perigos para a segurança e saúde dos trabalhadores.

3.2.3 PROCESSOS DE TOMADA DE DECISÃO BASEADOS NO VALOR

Na sua essência, a gestão de ativos envolve a melhoria do modo como se tomam decisões nas organizações tendo em vista realizar o máximo de valor a partir dos ativos, físicos e não físicos, que estão sob gestão (Luís & Almeida, 2021). Esta abordagem permite assim incorporar no modelo de tomada de decisões uma perceção alargada do conceito de valor, que não incorpore apenas métricas de desempenho financeiro da organização ou outras relativas a ativos físicos, mas que permita a ponderação de dimensões como o capital natural, intelectual, humano, social, entre outros, a tratar e equacionar à luz de um leque alargado de partes interessadas nos ativos sob gestão (Figura 6).

Figura 6 – Papel da gestão de ativos na geração, preservação e destruição de valor (adaptado de IIRC, 2021)



4. CONCLUSÕES

A abordagem da gestão de ativos é cada vez mais utilizada em organizações de diferentes tipos, podendo assumir diferentes conotações dependendo da região ou do setor onde é empregue. Historicamente, a expressão começou a ser utilizada na área financeira, não sem também ter tido raízes e desenvolvimentos preponderantes próprios em diferentes áreas da engenharia.

A gestão de ativos de engenharia está entre as tendências e estratégias emergentes mais promissoras no domínio da AEC para enfrentar desafios relacionados com as atividades de planeamento estratégico, conceção, construção/reabilitação, operação e manutenção, utilização e desativação das principais categorias de sistemas de ativos físicos (civis) construídos: infraestruturas, edifícios e instalações industriais.

Este artigo explora estes desafios e os princípios e as técnicas que podem ajudar a ultrapassar os limites da sofisticação e inovação para melhorar a gestão de ativos de engenharia, de uma forma geral, e as principais categorias de ativos construídos, em particular. Destaca-se a relevância desta abordagem para promover cidades e sociedades mais sustentáveis e resilientes, em harmonia com o processo de transformação digital que está em curso e atendendo às complexidades subjacentes à priorização e ponderação de valores financeiros,

ambientais, intelectuais, humanos, sociais, etc., nos processos de tomadas de decisão que incidem no ciclo de vida deste tipo de ativos.

REFERÊNCIAS

- Almeida, N. M. de. (2020). Introdução à Gestão da Construção. In N. M. de Almeida (Ed.), *Organização e Gestão de Obras: Elementos de apoio a aulas das disciplinas da área temática da Gestão da Construção* Mestrado Integrado em Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico. Secção de Folhas da Associação de Estudantes do Instituto Superior Técnico.
- Almeida, N. M. de, Vieira, J., Silva, J. G., & Castro, C. e. (2021). The Impact of Asset Management Development Programs in Infrastructure Organizations. *Advances in Science, Technology and Innovation*, 247–258. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35533-3_29
- Almeida, N. (2021). *Infrastructure and Building Asset Management: Fundamentals and overview of applications for asset-intensive organizations*. In *Course of Advanced Topics in Construction*, PhD Program in Civil Engineering, Instituto Superior Técnico.
- Almeida, N. M., Sousa, V., Dias, L. A., & Branco, F. (2015). Engineering risk management in performance-based building environments. *Journal of Civil Engineering and*

- Management, 21(2), 218–230. <https://doi.org/10.3846/13923730.2013.802740>
- Almeida, N., Trindade, M., Komljenovic, D., & Finger, M. (2022). A conceptual construct on value for infrastructure asset management. *Utilities Policy*, 75, 101354. <https://doi.org/10.1016/J.JUP.2022.101354>
- Amadi-Echendu, J. E., Willett, R., Brown, K., Hope, T., Lee, J., Mathew, J., Vyas, N., & Yang, B.-S. (2010). *What Is Engineering Asset Management?* (pp. 3–16). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-84996-178-3_1
- AMC. (2014). *Framework for Asset Management* (A. M. Council, Ed.; Second ed).
- American Society of Civil Engineers. (2017). *America's Infrastructure Report Card 2017*. ASCE. <https://www.infrastructurereportcard.org/>
- De Almeida, N. M., Sousa, V., Dias, L. A., & Branco, F. A. (2015). MANAGING THE TECHNICAL RISK OF PERFORMANCE-BASED BUILDING STRUCTURES. *Journal of Civil Engineering and Management*, 21(3), 384–394. <https://doi.org/10.3846/13923730.2014.893921>
- Dieter, J. (2020). *Asset Taxonomy: ALN proposal for ASTM E53*.
- Falcão Silva, M. J., de Almeida, N. M., Salvado, F., & Rodrigues, H. (2020). Modelling structural performance and risk for enhanced building resilience and reliability. *Innovative Infrastructure Solutions*, 5(1), 26. <https://doi.org/10.1007/s41062-020-0277-1>
- Formica, P. (Editor). (n.d.). *ONE HEALTH: Transformative Enterprises, Well-being and Education in the Knowledge Economy of the Digital Age*. (in press). Retrieved June 9, 2022, from https://ivi.ie/v4/wp-content/uploads/2022/02/IVI-Blue-Papers_Prof-P-Formica_Preview-One-Health.pdf
- GFMAM. (2014). *The Asset Management Landscape Second Edition*. Global Forum of Maintenance and Asset Management. www.gfmam.org
- Hendrickson, C. H. C.; A. T. (2008). *Project Management for Construction - Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects and Builders*. Prentice-Hall International Series In Civil Engineering and Engineering Mechanics, on-Line Edition. <https://www.cmu.edu/cee/projects/PMbook/>
- IIRC. (2021). INTERNATIONAL <IR> FRAMEWORK. <https://www.integratedreporting.org/wp-content/uploads/2021/01/InternationalIntegratedReportingFramework.pdf>
- ISO. (2012). *ISO 21500:2012 - Guidance on project management*. International Organization for Standardization.
- ISO. (2017). *ISO 10006:2017 - Guidelines for quality management in projects*. International Organization for Standardization.
- ISO/TC 251. (2018). *Achieving the UN Sustainable Development Goals Asset Management First Edition*. <https://committee.iso.org/files/live/sites/tc251/files/guidance/ISO%20TC251%20SDG%20March%202018.pdf>
- Komljenovic, D., Gaha, M., Abdul-Nour, G., Langheit, C., & Bourgeois, M. (2016). Risks of extreme and rare events in Asset Management. *Safety Science*, 88, 129–145. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2016.05.004>
- Luís, A., & Almeida, N. (2021). *APDA - Revista APDA #23*. 23. <https://www.apda.pt/pt/pagina/87>
- Maletič, D., Almeida, N. M. de, Gomišček, B., & Maletič, M. (2022). Understanding motives for and barriers to implementing asset management system: an empirical study for engineered physical assets. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2026672>, 1–16. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2026672>
- Maletič, D., Maletič, M., Al-Najjar, B., & Gomišček, B. (2019). Examination of the Mediating Effects of Physical Asset Management on the Relationship Between Sustainability and Operational Performance (pp. 33–43). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17269-5_3

- Mirza, Saeed. (2007). Danger Ahead: The coming collapse of Canada's municipal infrastructure, A Report for the Federation of Canadian Municipalities. Federation of Canadian Municipalities.
- NAMS. (2015). International Infrastructure Management Manual (IIMM) (5th ed., i). Institute of Public Works Engineering Australia.; Association of Local Government Engineers of New Zealand. National Asset Management Steering Group.
- Patrício, H., & Almeida, N. (2017). A framework for evaluating the performance of infrastructure assets. Application to the life-cycle of road and railway bridges. Life-Cycle of Engineering Systems: Emphasis on Sustainable Civil Infrastructure - 5th International Symposium on Life-Cycle Engineering, IALCCE 2016.
- PMI. (2016). Construction Extension to the PMBOK® Guide. In Inc. Project Management Institute (Ed.), Project Management Institute. <https://doi.org/10.1002/pmj>
- PMI. (2017). PMBOK Guide | Project Management Institute. In Inc. Project Management Institute (Ed.), PMBOK Guide.
- Rezvani, S. M., de Almeida, N. M., Falcão, M. J., & Duarte, M. (2022). Enhancing urban resilience evaluation systems through automated rational and consistent decision-making simulations. *Sustainable Cities and Society*, 78. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103612>
- Salvado, F., Almeida, N. M. de, & Vale e Azevedo, A. (2018). Toward improved LCC-informed decisions in building management. *Built Environment Project and Asset Management*, 8(2), 114–133. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-07-2017-0042>
- Salvado, F., de Almeida, N. M., & Azevedo, Á. V. e. (2019). Historical analysis of the economic life-cycle performance of public school buildings. *Building Research & Information*, 47(7), 1–20. <https://doi.org/10.1080/09613218.2019.1612730>
- TheIAM. (2015). Asset Management – An Anatomy. *Asset Management 2011*, 3, 1–84. <https://doi.org/978-1-908891-00-6>
- Trindade, M., Almeida, N., Finger, M., Silva, J. G., Ghira, L., & Vieira, J. (2020). Application of a Value-Based Decision-Making Process to an Industrial Water Supply System. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48021-9_36
- Vieira, J., Cabral, M., Almeida, N., Silva, J. G., & Covas, D. (2020). Novel methodology for efficiency-based long-term investment planning in water infrastructures. *Structure and Infrastructure Engineering*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/15732479.2020.1722715>
- WCE. (2020). Global Future Council on Infrastructure. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/communities/global-future-council-on-infrastructure>
- Wijnia, Y. (2016). Processing Risk In Asset Management: Exploring The Boundaries Of Risk Based Optimization Under Uncertainty For An Energy Infrastructure Asset Manager | TU Delft Repositories.

PROCEDIMENTOS ÉTICOS

Conflito de interesses: nada a declarar. **Financiamento:** nada a declarar. **Revisão por pares:** Dupla revisão anônima por pares.



Todo o conteúdo da [Revista de Ativos de Engenharia](#) é licenciado sob *Creative Commons*, a menos que especificado de outra forma e em conteúdo recuperado de outras fontes bibliográficas.