

APRESENTANDO O ESQUEMA LOINxml: DISCUTINDO DECISÕES DE DESIGN E APLICAÇÃO PRETENDIDA

Martina Mellenthin Filardo⁽¹⁾, Paul Debus⁽²⁾, Sven Zentgraf⁽³⁾, Štefan Jaud⁽⁴⁾, Christian Clemen⁽⁵⁾, Ghang Lee⁽⁶⁾, Jakob Beetz⁽⁷⁾, André Borrmann⁽⁸⁾

(1) Chair Construction Engineering and Management, Bauhaus-Universität Weimar, Weimar, 0000-0001-7759-7579

(2) Computer Vision in Engineering Bauhaus-Universität Weimar, Weimar, 0000-0001-6228-588X

(3) Chair of Computing in Engineering, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, 0000-0001-6058-7614

(4) Chair of Computing in Civil and Building Engineering, Technical University of Munich, Munich, 0000-0003-0387-3440

(5) Faculty of Spatial Information, University of Applied Sciences Dresden, Dresden, 0000-0002-5807-7698

(6) Department of Architecture and Architectural Engineering, Yonsei University, Seoul, 0000-0002-3522-2733

(7) Design Computation, RWTH Aachen University, Aachen, 0000-0002-9975-9206

(8) Chair of Computing in Civil and Building Engineering, Technical University of Munich, Munich, 0000-0003-2088-7254

Resumo

O Level of Information Need introduzido na ISO 19650 ganhou um modelo de dados padronizado legível por máquina com o LOINxml (ISO 7817-3). Este artigo apresenta o contexto normativo desta norma com um breve resumo do processo de especificação do modelo de dados LOINxml. Através da análise sistemática dos elementos do esquema e das decisões de design, este trabalho demonstra como o LOINxml permite especificações de requisitos estruturadas e baseadas em transações, suportando informações alfanuméricas, documentais e geométricas ao longo dos ciclos de vida dos projetos. A contribuição estabelece o LOINxml como infraestrutura fundamental para os requisitos de informação digital, identificando simultaneamente as condições limiares e as direções de investigação futuras essenciais para a implementação na indústria.

1. Introdução

Requisitos de informação precisos são fundamentais para a entrega de informações seguindo o método Building Information Modeling (BIM) e resultados de projetos em conformidade na indústria de arquitetura, engenharia, construção e operação (AECO) [1]. A representação legível por máquina desses requisitos permite não apenas uma definição independente do

fornecedor, mas também requisitos mais precisos e maior qualidade dos resultados do projeto. Uma estrutura para essa definição de requisitos foi estabelecida nas normas de Level of Information Need (LOIN). Embora os fundamentos tenham sido especificados na parte 1 da ISO 7817 [2], as diretrizes de aplicação são apresentadas na parte 2 (ISO/TS 7817-2:2026) [3] e um modelo de dados correspondente é definido na parte 3 (ISO 7817-3:2026) [4]. Destas três normas inter-relacionadas, este artigo discute as decisões de design e as aplicações pretendidas do esquema LOINxml da ISO 7817-3.

Este artigo documenta o contexto e as decisões de design do modelo de dados apresentado na ISO 7817-3 para promover a adoção por profissionais. O contexto em que o modelo de dados está incorporado é explicado no cenário normativo. Posteriormente, o processo de desenvolvimento é explicado. O modelo de dados publicado na ISO 7817-3 é então apresentado e discutido. O artigo termina com as conclusões e perspectivas.

2. Definição normativa

O conceito de Level of Information Need (LOIN) para um nível de necessidade de informação foi introduzido na norma ISO 19650-1 [5]. No entanto, o conceito teve de ser elaborado em especificações normativas precisas, o que foi feito na série ISO 7817, onde os fundamentos e princípios são descritos na ISO 7817-1 (2024), as diretrizes e a aplicação na ISO/TS 7817-2 (2026) e um modelo de dados baseado em XML na ISO 7817-3 (2026). A ISO 7817-3, que especifica um esquema para o Level of Information Need, está em estreita conformidade com a ISO 23387 (2025) [6], que estabelece uma estrutura de modelo de dados para objetos de construção com base na metodologia para descrever, criar e manter propriedades em dicionários de dados interligados (ISO 23386, 2020) [7] e conforme a norma ISO 12006-3 [8]. Esta abordagem fornece os conceitos e relações necessários para descrever informações sobre objetos de construção [6].

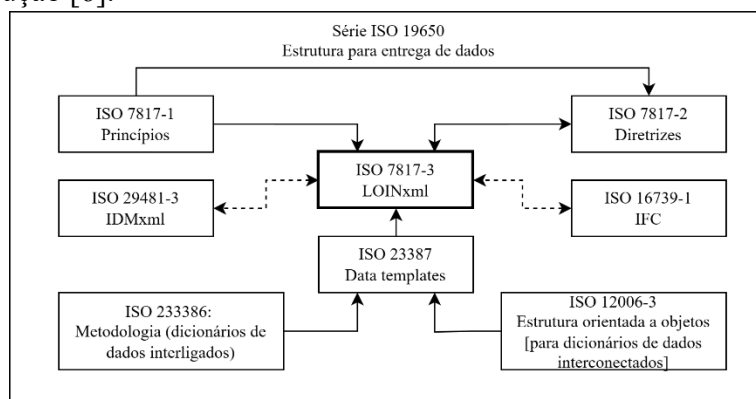


Figura 1: Contexto normativo da ISO 7817-3

Neste contexto, um modelo de dados é um subconjunto do modelo estendido pela ISO 23387 que amplia a metodologia ISO 23386, enfatizando a reutilização de modelos, e ambas as normas estão em harmonia com a ISO 12006-3 (2023), permitindo assim uma abordagem orientada a objetos – um forte argumento para a adoção dos elementos dos modelos de dados no modelo de dados LOINxml. Esta abordagem foi implementada através da importação de elementos de

esquema XML fornecidos pela ISO 23387 para o esquema LOINxml, o que representa a forma mais forte de integração.

A ISO 7817-3 coexiste com a ISO 29481-3 (2022) [9] referindo ao Information Delivery Manual (IDM). Embora ambas as normas forneçam estruturas XML legíveis por máquina para requisitos de informação, o IDM concentra-se nos requisitos de informação trocados em casos de uso específicos, enquanto o LOIN se concentra no modelo de dados para o nível de necessidade de informação. Embora seja agnóstico em relação a modelos de dados específicos para conteúdos de modelos reais, o LOINxml é compatível com as Industry Foundation Classes (IFC), entre outros formatos e estruturas de decomposição.

Um princípio forte implementado pelo LOINxml é o uso de referências a informações fornecidas em outros esquemas de dados e recursos. Isso pode incluir referências a dicionários de dados, como buildingSMART Data Dictionary (bSDD), para especificar ObjectTypes e Properties, ou referências a dados IDMxml para referenciar marcos do projeto. As referências são expressas por Identificadores Internacionais de Recursos (IRI) para permitir fácil pesquisa e recuperação, ao mesmo tempo que proporcionam o máximo de flexibilidade. O contexto das normas ISO relevantes para o modelo de dados LOINxml está descrito na Figura 1.

O esquema de dados LOINxml pode ser usado para troca baseada em ficheiros (incluindo vários ficheiros que se referenciam entre si), mas também pode atuar como um modelo para definir esquemas de bases de dados e fornecer acesso através de REST APIs.

3. Metodologia

O desenvolvimento do esquema para a ISO 7817-3 foi realizado no âmbito do trabalho de normalização (Acordo de Viena, 1991) para a cooperação entre o Comité Europeu de Normalização (CEN) e a Organização Internacional de Normalização (ISO) [10]. Especialistas delegados de todos os países interessados participam no desenvolvimento da norma.

No caso da ISO 7817-3, os especialistas vieram da Bélgica, Canadá, República Checa, França, Alemanha, Noruega, Coreia do Sul e Reino Unido. As reuniões foram realizadas virtualmente. Ao longo de seis anos de trabalho de desenvolvimento, a frequência das reuniões variou entre quinzenal e aproximadamente mensal (contabilizando pausas e feriados). A Figura 2 descreve o processo.

Outros trabalhos ajudaram no desenvolvimento desta norma, tais como [11-19], entre outros.

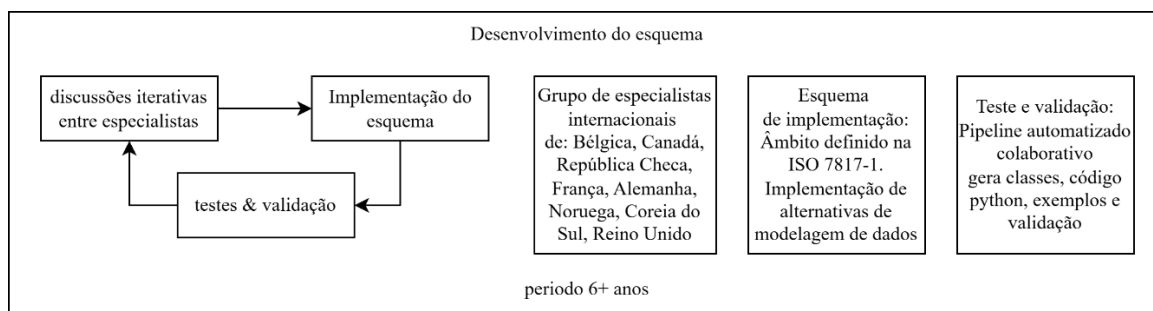


Figura 2: Visão geral do procedimento de desenvolvimento do esquema

O âmbito do esquema deriva da norma ISO 7817-1. As diretrizes da ISO/TS 7817-2, desenvolvidas em paralelo à ISO 7817-3, informaram as elaborações da LOIN posteriormente discutidas, testadas e, por fim, incorporadas à LOINxml. A congruência substantiva entre a ISO

23387 e a ISO 7817-3 exigiu a implementação de um mecanismo paralelo. A colaboração por meio da integração evitou a duplicação de trabalho e abordagens contraditórias. Elementos e mecanismos individuais foram discutidos iterativamente entre especialistas.

O material de discussão alternou entre diagramas UML, ficheiros XSD e exemplos XML usando um repositório colaborativo. Ações automatizadas geraram classes a partir de ficheiros XSD usando bibliotecas xsData. Scripts Python produziram e validaram exemplos XML em relação ao esquema.

A geração de XSD e exemplos prosseguiu de forma colaborativa através de melhorias propostas por especialistas em várias iterações. Tanto os ficheiros XSD como os XML foram submetidos a revisão por especialistas. Os rascunhos circularam por comissões internas designadas até que a norma entrou na sua fase final.

4. Apresentando o LOINxml

O elemento raiz do modelo de dados LOINxml é o elemento *LevelOfInformationNeed*, que atua como um contêiner para o(s) elemento(s) *Specification*, conforme mostrado na Figura 3. O *Specification* agrega os elementos *Prerequisites* (obrigatório), para informações de contexto, *GeoReferencing* (opcional), para informações do sistema de coordenadas, e *SpecificationPerObjectType* (opcional, zero a muitos), para especificar requisitos.

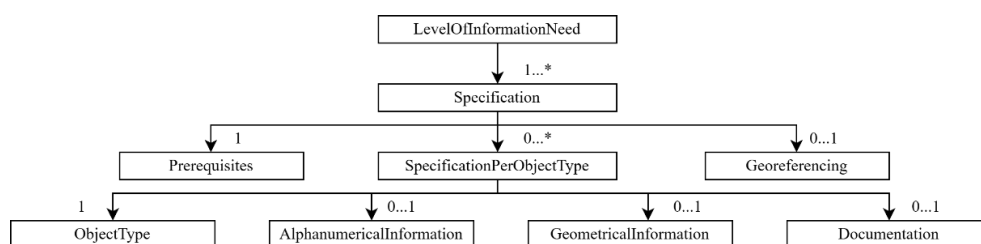


Figura 3: Visão geral simplificada do modelo de dados LOINxml. Uma versão detalhada do esquema pode ser encontrada na norma ISO 7817-3.

O elemento *Prerequisites* (Figura 4, esquerda) estabelece a estrutura da transação, especificando a finalidade, o marco de entrega da informação e os intervenientes do LOINxml. O LOINxml é entendido como uma transação limitada a um interveniente recetor e a um interveniente fornecedor.

O elemento *Purpose* fornece a justificação para a necessidade de informação e inclui nome, definição opcional, referências, descrição, idioma, região e links para dicionários.

O *InformationDeliveryMilestone* (marco de entrega de informações) especifica o prazo de entrega por meio de nome, descrição opcional, referências e data/hora. O Ator Fornecedor (*ProvidingActor*) identifica o fornecedor de informações por meio de função, nome opcional, afiliação, descrição e e-mail. O Ator Receptor (*ReceivingActor*) identifica o destinatário das informações usando a mesma estrutura do Ator Fornecedor. Atores ou finalidades variados exigem instâncias de especificação separadas, em vez de pré-requisitos consolidados. Várias especificações com pré-requisitos diferentes podem coexistir em um único documento.

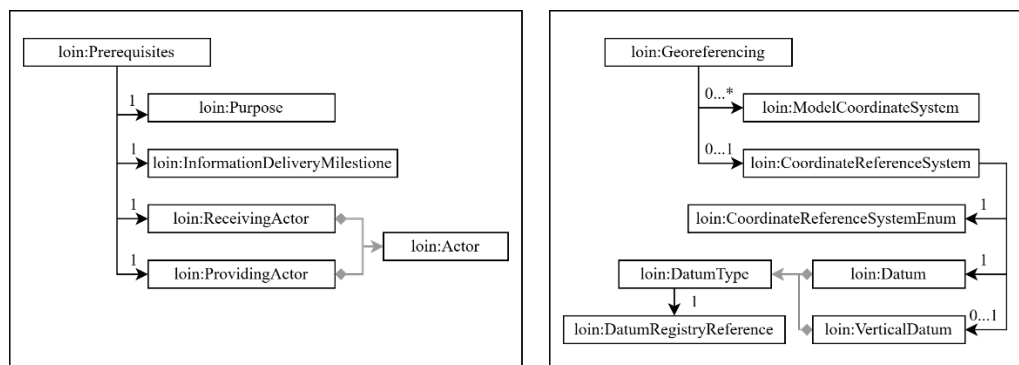


Figura 4: Estrutura dos elementos *Prerequisites* (esquerda) e *GeoReferencing* (direita)

O elemento *GeoReferencing* (Figura 4 direita) especifica o sistema de referência de coordenadas e os parâmetros de transformação do modelo. Compreende os elementos *CoordinateReferenceSystem*, que define o tipo e o datum do CRS, e *ModelCoordinateSystem*, que estabelece a origem e orientação do modelo dentro do CRS, onde várias instâncias são possíveis.

O *CoordinateReferenceSystem* define o sistema através do Type (*ProjectedCRS*, *EngineeringCRS*, *GeographicCRS* ou *NotRequired*), do *Datum* horizontal necessário, e do *VerticalDatum* opcional. Cada datum inclui um nome (exemplos «EPSG:25832» ou string WKT2) e um Type como *DatumRegistryReference*, permitindo especificação flexível do registo geodésico conforme ISO 19127:2019 através do nome, descrição opcional e *RegistryReference* opcional fornecido via URI.

O *ModelCoordinateSystem* define o posicionamento do modelo usando nomes de coordenadas genéricos. *IsProjected* indica se o modelo herda a distorção da projeção do CRS. *FirstCoordinate* especifica a primeira coordenada horizontal (Easting ou Latitude), *SecondCoordinate* a segunda (Northing ou Longitude), e *Height* a coordenada vertical. *XAxisAbscissa* e *XAxisOrdinate* fornecem componentes opcionais da direção do eixo X. *UnitScale* oferece conversão opcional de unidades modelo-CRS. *HorizontalScale* fornece fator de escala de distância horizontal opcional.

Para evitar “reinventar a roda”, o esquema LOINxml usa vários elementos do esquema de modelos de dados (namespace *dt*) definido na ISO 23387, em particular quando se trata da definição de propriedades, tipos de dados e unidades.

O esquema emprega Identificadores Globais Únicos (GUIDs) e *ReferenceType* para referência de elementos dentro de documentos e entre recursos externos.

Os GUIDs fornecem identificação única de elementos, servindo a dois propósitos: estabelecer a identidade do elemento e permitir referências cruzadas internas. A maioria dos elementos suporta o atributo *dt:GUID* para referência no mesmo documento.

O *dt:ReferenceType* cria referências por meio de dois atributos. O atributo *dt:GUID* faz referência a elementos dentro do mesmo documento. O atributo *dt:referenceURI* faz referência a recursos externos. Quando ambos os atributos estão presentes, a referência aponta para um elemento específico identificado pelo GUID dentro de um recurso externo identificado pelo URI. As diretrizes de referência recomendam o uso do *dt:GUID* sozinho para referências no mesmo arquivo, do *dt:referenceURI* sozinho para recursos externos e de ambos os atributos para elementos específicos dentro de recursos externos.

O elemento *SpecificationPerObjectType* (Figura 5) define os requisitos de informação para tipos de objetos específicos, tais como paredes, portas ou pilares de pontes, vinculando as definições de objetos a três aspetos de requisitos: informação alfanumérica, documentação e informação geométrica. Cada especificação pode conter vários elementos *SpecificationPerObjectType*, com um por tipo de objeto entregável. A estrutura compreende *ObjectType*, que define o tipo de objeto de destino como um elemento obrigatório, *AlphanumericalInformation*, que especifica as propriedades obrigatórias, quantidades como opcionais, *Documentation*, que define os documentos obrigatórios como opcionais, e *GeometricalInformation*, que especifica os requisitos geométricos como opcionais.

Como o elemento *loin:SpecificationPerObjectType* estende o *dt:ConceptType* da ISO 23387, inclui elementos *Name* e *Definition* separados do *ObjectType* ao qual se refere.

O elemento *ObjectType* identifica os alvos dos requisitos usando *dt:ObjectTypeType* da ISO 23387. Cada tipo de objeto requer um *dt:GUID* para referência interna. Existem duas abordagens principais de definição: definição inline com nome, definição e metadados, ou referência externa via *dt:ReferenceDocumentRef* ligando a bibliotecas ou outros recursos externos. Várias variantes de idioma suportam projetos internacionais, conforme especificado na ISO 23387. O rastreamento de versão ocorre por meio de *dt:MajorVersion*, *dt:MinorVersion* e *dt:Status*, conforme definido na ISO 23387. As referências externas permitem a ligação a classificações estabelecidas, como IFC ou UniClass, mantendo GUIDs internos e metadados locais opcionais.

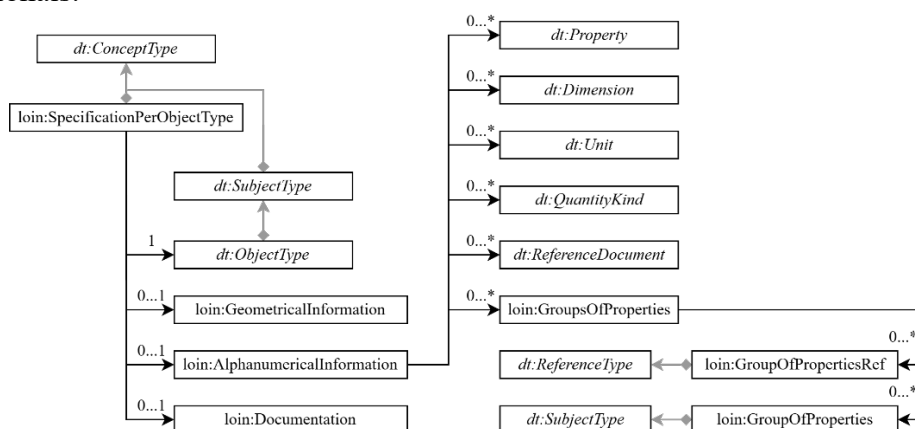


Figura 5: Estrutura do elemento *SpecificationPerObjectType* e foco no subelemento *AlphanumericalInformation*

O *dt:ObjectType* é um filho do elemento *dt:SubjectType*, abrangendo assim todos os metadados do elemento *dt:ConceptType* e permitindo referências definidas no tipo de assunto (referência para «*hasParts*» e «*isSubtypeOf*»). Ao agregar informações específicas e associá-las a um tipo de objeto específico, a especificação por contêiner de tipo de objeto atua como uma relação «*has*» inerente (XML não suporta relações nesse sentido).

O elemento *AlphanumericalInformation* especifica as propriedades necessárias através de vários componentes. A sua estrutura também é apresentada na Figura 5.

Property define requisitos de propriedade individuais, seja em linha ou referenciados, com tipos de dados, restrições e referências de medição. *QuantityKind* fornece definições de tipo de quantidade, como comprimento, massa ou pressão para propriedades em linha ou referenciando *Dimension*. *Dimension* expressa a dimensionalidade física (ou seja, L¹M⁰T⁰) como expoentes

de unidades básicas do SI, suportando unidades em linha e tipos de quantidade. *Unit* especifica unidades de medida com informações de conversão, incluindo escala, base, coeficiente e desvio. *DataType* especificando restrições. Definições externas via *dt:referenceURI* em elementos de referência podem apontar para padrões como a ontologia Quantity, Unit, Dimension and Type (QUDT) [20]. *GroupsOfProperties* contém coleções de propriedades relacionadas através de elementos *GroupOfProperties* ou *GroupOfPropertiesRef* externos. *ReferenceDocument* fornece links opcionais para dicionários ou normas externos.

O elemento *GeometricalInformation* define requisitos geométricos através de cinco aspetos, conforme mostrado na Figura 6 (esquerda). A Figura 6 à direita mostra a árvore de decisão simplificada mostrando a composição da forma (*ShapeAssembly*).

O aspeto *Dimensionality* descreve a representação dimensional como 0D, 1D, 2D, 3D ou não necessário (*NotRequired*) de acordo com a norma ISO/TS 7817-2.

O aspeto *Appearance* especifica os requisitos de aparência visual de acordo com a norma ISO/TS 7817-2. O aspeto *ParametricBehaviour* define a especificação do comportamento paramétrico de acordo com a norma ISO/TS 7817-2.

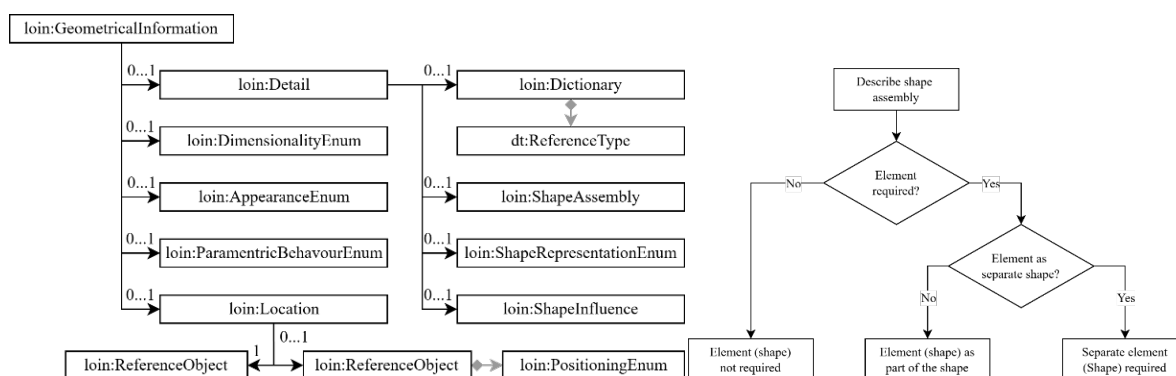


Figura 6 (esquerda): Estrutura do elemento *GeometricalInformation* e à direita: árvore de decisão simplificada mostrando a *ShapeAssembly*

O aspeto *Location* estabelece o método de posicionamento como absoluto, relativo ou não definido, de acordo com a norma ISO/TS 7817-2, em que relativo ou absoluto especifica o método de posicionamento conforme necessário e Objeto de referência fornece a referência para o posicionamento relativo através de GUID, filtro, caminho XML ou linguagem natural como opcional.

O atributo *Placeholder* indica geometria apenas de espaço reservado. *ShapeInfluence*, como parte do aspeto *Detail*, especifica a representação da característica geométrica com valores enumerados de acordo com as árvores de decisão apresentadas na ISO/TS 7817-2. Uma versão simplificada da lógica da árvore de decisão é descrita na Figura 6 (direita). As enumerações resultantes (*NotRequired*, *No[Element]*, *[Element]AsPartOfShape* ou *SeparateShapes*) e *ThresholdDimension* opcional para limites de tamanho. Além do elemento *ShapeInfluence*, o aspeto *Detail* ainda é composto por um *Dictionary* (possível referência externa), *ShapeAssembly* e *ShapeRepresentationEnum*. Esses elementos são amplamente discutidos em ISO/TS 7817-2.

O elemento *Documentation* especifica os documentos necessários através de um ou mais elementos *Document*. Cada documento define o nome como identificador do documento, a

descrição que especifica o conteúdo como opcional, o *ReferenceDocument* que fornece referências de especificações externas como opcionais, o formato que estabelece o formato de ficheiro necessário com nome e versão, e atributos de classificação opcionais, incluindo tipo, forma e conteúdo.

5. Discussão sobre decisões de design

O modelo de dados LOINxml priorizou a reutilização de princípios estabelecidos e o respeito pelas estruturas existentes, mantendo-se agnóstico quanto à estrutura de decomposição. Embora o IFC seja amplamente estabelecido na indústria AECO, nem todos os requisitos podem ser definidos dentro do seu esquema devido ao conhecimento limitado dos atores receptores ou à natureza dos requisitos. A ISO 7817-3 (2026) permite qualquer estrutura de decomposição e suporta múltiplas estruturas simultaneamente, permitindo requisitos que abrangem várias disciplinas. O objetivo principal foi permitir a definição de requisitos conforme os atores receptores considerassem necessário, sendo a tradução para IFC ou outros formatos uma etapa subsequente. As especificações LOIN exigem elementos pré-requisitos, enquanto a georreferência e a especificação por tipo de objeto permanecem opcionais. O modelo baseado em transações restringe as especificações a um ator receptor e um ator fornecedor, equilibrando requisitos claramente definidos com uma definição possível de implementar.

A estrutura *GeoReferencing* separa a definição do CRS do posicionamento do modelo através de elementos distintos *CoordinateReferenceSystem* e *ModelCoordinateSystem*, suportando cenários onde diferentes componentes usam diferentes origens ou orientações locais dentro de um quadro de referência global partilhado. O uso de nomes genéricos (*FirstCoordinate*, *SecondCoordinate*, *Height*) permite acomodar sistemas de coordenadas projetadas, geográficas e de engenharia uniformemente. O parâmetro *IsProjected* aborda a distinção entre modelos que herdam a distorção da projeção CRS e aqueles que mantêm geometria fiel à realidade. Os parâmetros de transformação opcionais oferecem flexibilidade mas aumentam a complexidade da especificação.

A integração de recursos multilingues através do *dt:ConceptType* da ISO 23387 permite que as especificações funcionem além das fronteiras linguísticas. A inclusão de metadados de versão (*MajorVersion*, *MinorVersion*, *Status*) no nível do tipo de objeto permite o acompanhamento da evolução da definição, apoiando a gestão de alterações. O esquema não impõe restrições de versão nem define regras de compatibilidade, deixando os protocolos de gestão de versão para as convenções de implementação.

A distinção entre *ObjectType* e *SpecificationPerObjectType* implementa uma separação onde a identidade do objeto permanece independente da especificação dos requisitos. Esta arquitetura permite que o mesmo tipo de objeto apareça em várias especificações com requisitos variados, mantendo identidade consistente através de GUIDs, e suporta o controlo de versão sem alterar as definições de tipo de objeto.

O esquema acomoda definições inline e referências externas, refletindo a tensão entre especificações autónomas e gestão distribuída de definições. As definições inline criam documentos autónomos mas introduzem redundância; a referência externa reduz redundância mas cria dependências. Esta flexibilidade acomoda diferentes capacidades organizacionais, colocando a responsabilidade pela gestão da consistência nos autores das especificações.

A decomposição dos requisitos em aspetos alfanuméricos, documentais e geométricos reflete paradigmas estabelecidos de modelagem de informação. A natureza opcional dos três aspetos reconhece que nem todas as especificações requerem todos os tipos de informação.

A aplicação universal de GUIDs estabelece um mecanismo de referência estável, independente de nomes ou posições. A distinção entre *dt:GUID* para referências internas e *dt:referenceURI* para referências externas implementa uma estratégia de resolução em duas camadas.

A estrutura de requisitos geométricos de cinco aspetos (Detalhe, Dimensionalidade, Aparência, Comportamento Paramétrico, Localização) alinha-se com as diretrizes ISO/TS 7817-2. Esta decomposição trata as informações geométricas como multidimensionais, reconhecendo que diferentes fases do projeto podem exigir características geométricas diferentes. A dependência de valores enumerados restringe a expressividade a opções predefinidas.

6. Conclusões

O esquema representa um avanço significativo na formalização das especificações de requisitos de informação em diferentes dimensões de detalhe dentro da indústria AEC, fornecendo mecanismos técnicos para a definição precisa e legível por máquina dos requisitos. A utilidade do esquema não depende principalmente dos seus méritos técnicos, mas do desenvolvimento do ecossistema, incluindo suporte a ferramentas de software, disponibilidade de recursos de referência, capacitação de profissionais e estabelecimento de uma estrutura de governança. Esses elementos do ecossistema permanecem subdesenvolvidos, sugerindo que a adoção a curto prazo será limitada a organizações avançadas e projetos-piloto, em vez de alcançar uma ampla penetração na indústria. O esquema fornece a infraestrutura técnica necessária para a entrega de informações digitais, mas se mostra insuficiente sem os sistemas sociais e técnicos circundantes.

O sucesso futuro depende do reconhecimento da implementação do esquema como um desafio sociotécnico que requer o desenvolvimento coordenado de capacidades técnicas, organizacionais e humanas, em vez de ser puramente um problema de adoção de padrões.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à ISO, ao CEN e aos organismos nacionais de normalização e colaboradores pelo apoio prestado ao longo do desenvolvimento das normas mencionadas, especialmente ao CENT/TC 442/WG 2 e ao JWG ISO/TC 59/SC 13.

Referências

- [1] R. Sacks, G. Lee, L. Burdi, and M. Bolpagni, *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers*. Hoboken, New Jersey, 4 edition, 2025.
- [2] ISO 7817-1, “Building information modelling—Level of information need: Part 1: Concepts and principles,” International Organization for Standardization (ISO), 2025.
- [3] ISO/TS 7817-2, “Building information modelling—Level of information need: Part 2: Guidelines for Application,” International Organization for Standardization (ISO), 2026.
- [4] ISO 7817-3, “Building information modelling—Level of information need: Part 3: Data model and schema. International Organization for Standardization (ISO), 2026.
- [5] ISO 19650-1, “Organization of information about construction works - Information management using building information modelling. Part 1: Concepts and principles,” International Organization for Standardization (ISO), 2018..
- [6] ISO 23387, “Building information modelling (BIM) — Data templates for construction objects used in the life cycle of built assets: Concepts and principles,” International Organization for Standardization (ISO), 2025.

- [7] ISO 23386, “Building information modelling and other digital processes used in construction: Methodology to describe, author and maintain properties in interconnected data dictionaries,” International Organization for Standardization, (ISO), 2020.
- [8] ISO 12006-3, “Building construction — Organization of information about construction works: Part 3: Framework for object-oriented information,” International Organization for Standardization (ISO), 2023.
- [9] ISO 29481-3, “Building information models — Information delivery manual: Part 3: Data schema,” International Organization for Standardization (ISO), 2022.
- [10] European Committee for Standardization and International Organization for Standardization (2016). Guidelines for the implementation of the Agreement on Technical Cooperation between ISO and CEN. ISO/CEN, 7 edition.
- [11] K. Jeon, G. Lee, S. Kang, H. Roh, J. Jung, K. Lee and M. Baldwin “A relational framework for smart information delivery manual (IDM) specifications,” *Advanced Engineering Informatics*, vol. 49, p. 101319, 2021.
- [12] Š. Jaud, L. J. Gregory, and A. Borrmann, “Georeferencing. T. H. Kolbe, R. Bill, A. Donaubaue (eds), *Geoinformationssysteme 2021: Beiträge zur 8. Münchener GI-Runde, Runder Tisch GIS e.V.*, Munich, Germany, 49-50, 2021.
- [13] M. Bolpagni, F. Bosché, A. de Boissieu, A. Akbarieh, C. Shaw, P. Mêda, R. Puust, M. Medineckiene, V. Popov, and R. Sacks, “An explorative analysis of European standards on building information modelling,” *Proceedings of the 2022 European Conference on Computing in Construction*, volume 3 of *Computing in Construction*, 2022.
- [14] J. Abualdenien and A. Borrmann, “Levels of detail, development, definition, and information need: a critical literature review,” *Journal of Information Technology in Construction*, 27:363–392, 2022.
- [15] S. Son, G. Lee, J. Jung, J. Kim, and K. Jeon, “Automated generation of a model view definition from an information delivery manual using idmXSD and buildingSMART data dictionary,” *Advanced Engineering Informatics*, 54:101731, 2022.
- [16] M. Mellenthin Filardo, L. Liu, P. Hagedorn, S. Zentgraf, J. Melzner, and M. König, “A standard-based ontology network for information requirements in digital construction projects,” *Proceedings of the 12th Linked Data in Architecture and Construction Workshop (LDAC 2024)*, June 13-14, 2024, Bochum, Germany, 2024.
- [17] M. Mellenthin Filardo, P. Debus, J. Melzner, and H.-J. Bargstädt, “Enhancing Information Requirement Compliance Through Automated Integration in a Modelling Environment,” *Proceedings of the 31st International Workshop on Intelligent Computing in Engineering (EG-ICE)*, Vigo, Spain, 2024.
- [18] E. Akbas, M. Bolpagni, A. Borrmann, S. Boeykens, M. Mellenthin Filardo, L. Liu, and J. Beetz, “A holistic approach to information requirements: Integration of level of information need and information delivery specification,” *Journal of Information Technology in Construction*, 30:731–744, 2025.
- [19] S. Zentgraf, M. Mellenthin Filardo, L. Liu, P. Hagedorn, J. Melzner, and M. König, “Update of the standard-based ontology network for information requirements in digital construction projects,” *LDAC 2025: 13th Linked Data in Architecture and Construction Workshop*, July 09-11, 2025, Porto, Portugal, 2025.
- [20] R. Hodgson, “Quantities, Units, Dimensions and Types (QUDT) Schema - Version 2.1.35”, 2024. last accessed: 14.01.2026.